Ю. ФИАЛКОВ

СВЕТ НЕВИДИМОГО

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

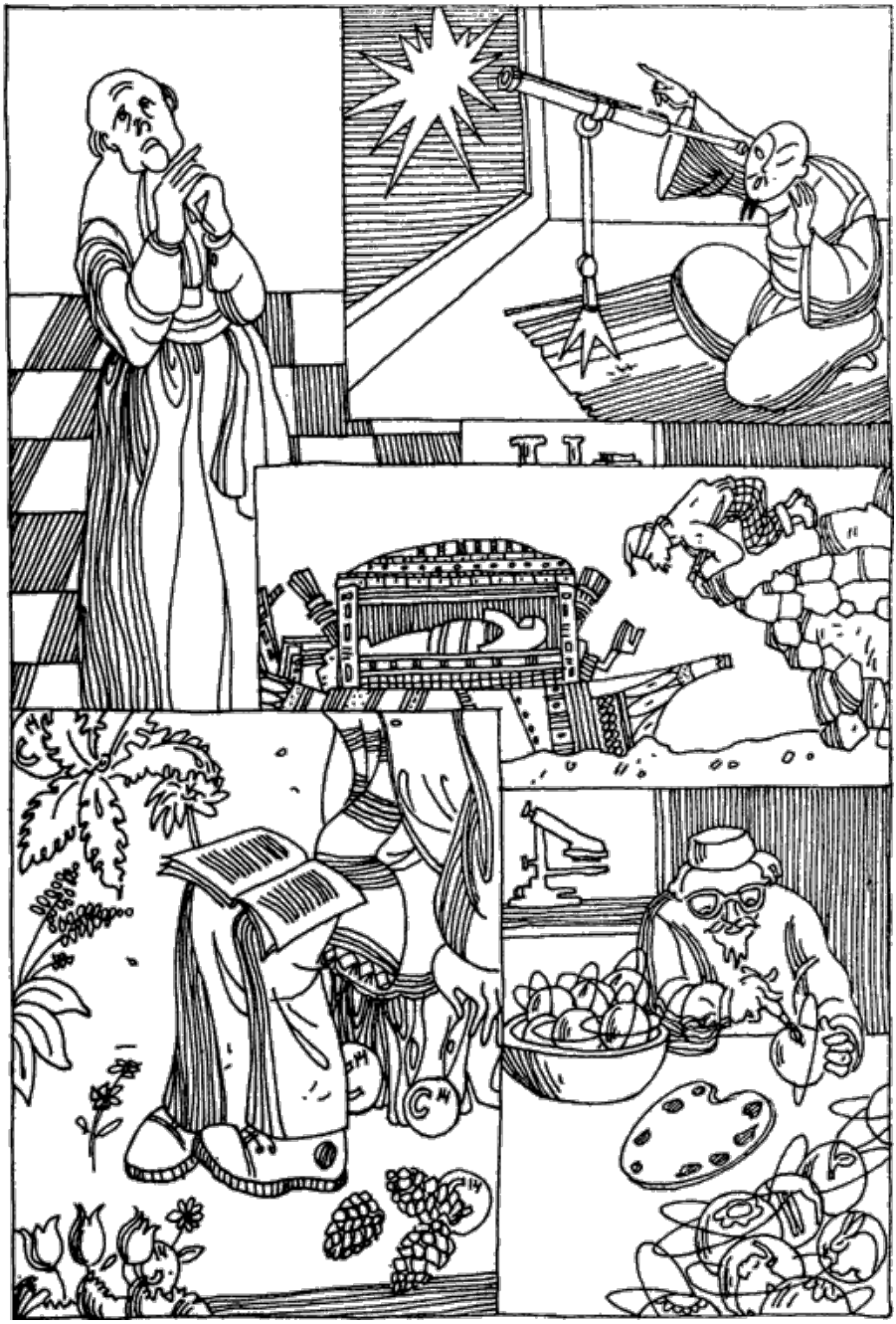
Книга эта о радиоактивности. Той самой радиоактивности, которая была открыта на рубеже XIX и XX веков и которая во многом определила развитие не только физики, но и всех иных разделов естествознания.

Без малого два десятилетия назад автор уже написал книгу о том, как явление радиоактивности послужило химии и геологии, медицине и археологии, биологии и космогонии («Ядро — выстрел!», издательство «Детская литература», 1966 г.). Но события в науке в наше время развиваются стремительно. Вот почему автору свою прежнюю книгу пришлось существенно переработать и дать ей другое название.

- Юрий Яковлевич Фиалков
  -
  - Глава I
  - Глава II
  - Глава III
  - Глава IV
  - Глава V
  -
  -
- notes
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 6
  - 7
  - 8
  - 9
  - 10
  - 11

Юрий Яковлевич Фиалков

Свет невидимого



Ю. ФИАЛКОВ

СВЕТ НЕВИДИМОГО

МОСКВА «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА» 1984

Глава I
Открытие, которое началось с конца

Каждое открытие имеет свою историю, порой печальную, даже трагическую, иногда забавную, но всегда поучительную. Такую же, как этот рассказ об элементе, который открывали добрую сотню лет и все же открыли… преждевременно.

* * *

Родовое поместье лорда Кэвендиша походило на десятки других графских усадеб. Разве

только замок выглядел чересчур ветхим, даже для своих почтенных лет, да пруд был окружен изрядно поредевшими ивами и запущен настолько, что рыба в нем не водилась. А в высокой траве безнаказанно сновали зайцы, чуя которых тоскливо выли в псарне породистые легавые.

Владельцу Уэльтенгема было не до хозяйских забот. Окружающие давно свыклись со странностями сэра Генри Кэвендиша. А если говорить откровенно, даже гордились ими. Несомненно, чудачества сэра Генри войдут в семейные предания так же, как и подвиги основателя рода — рыжебородого Патрика Кэвендиша, которому в 1194 году посчастливилось добыть самый увесистый кусок гроба господня. А главное, лорд Кэвендиш превосходил ученостью всех современников.

Вот почему ему прощалось все.

Сэр Генри изъяснялся с окружающими жестами: он экономил время и не мог тратить его на досужую болтовню.

Сэр Генри производил в домашней лаборатории оглушительные взрывы, к которым притерпелись домочадцы и которые приводили в неистовство впечатлительных и нервных псов.

Сэр Генри писал самому себе письма с заданиями на каждый день. Беда только, что иногда он забывал их распечатывать.

Сэр Генри, ползая на четвереньках по окрестным холмам, обмерял их. Он пытался таким способом определить, сколько весит Земля. И он это узнал.

Но то, что лорд затеял под рождество 1785 года, положило конец и долготерпению родни, и всепрощению домашнего пастора.

Это неслыханно даже для Кэвендиша — двадцатые сутки он не выходит из лаборатории! В слуг, которые приносят ему пищу, он бросает старинные фолианты в твердокаменных переплетах из свиной кожи. Даже пастора, рискнувшего зайти в лабораторию, он встретил негодующим воплем.

В зале у пылающего камина собрались домашние, тревожно прислушивающиеся к мерному уханью, которое доносилось из лаборатории.

Это сэр Генри и его камердинер и единственный лабораторный помощник Исаак, каждые два часа сменяя друг друга, вращают большое и тяжелое колесо электрофорной машины — диковинного приспособления для добывания диковинной силы, именуемой электричеством.

— Дорогой Линсерт, — умоляюще обращается к пастору престарелая тетка владельца поместья, — один вы можете его уговорить. Он умрет без пищи!

Пастор, тяжело вздохнув, отправляется к сэру Кэвендишу.

Лаборатория — самое большое помещение замка. При прежнем владельце (бог мой, как хорошо и покойно было при сэре Герберте Кэвендише!) здесь был зал для игры в мяч. Посредине помещения стоит электрофорная машина, от которой идут провода к стеклянной трубке. Трубка погружена в ртуть.

Время от времени через трубку пролетает искра, после чего сэр Генри подбегает к машине, вглядывается в нее и громко чертыхается (да не возгневается на него господь!).

И впрямь есть от чего прийти в отчаяние. В начале этого двадцати-суточного эксперимента каждая искра, которая пролетала через воздух, заключенный между ртутными затворами в стеклянной трубке, вызывала образование бурого дыма. Дым этот отлично поглощается водной взвесью известковой земли[1]. Вот почему почти весь воздух, превратившись в бурый дым, растворился в известковой воде и ртуть, поднявшись по трубке, заполнила ее почти всю. Почти…

Но вот уже две недели, как в трубке торчит маленький пузырек, не желающий буреть, сколько бы искр через него не пропускали. Почему же тот воздух буреет, а этот, что вызывающе торчит пузырьком в трубке, не желает? Это опровергает все представления о флогистоне, в который Кэвендиш безраздельно верит.

Сэр Генри бросается к машине, отталкивает камердинера и принимается бешено вращать колесо. Тут он замечает пастора, который стоит в дверях, скорбно возведя очи горé.

Кэвендиш сердится и велит остановить машину. Бедняга Исаак совсем вымотался за эти три недели. Да и сам Кэвендиш, признаться, порядком устал. Что ж, придется прекратить опыт, так и не разобравшись в причине упрямства воздушного пузырька. Опыт, от которого только и останется, что четыре строчки в лабораторном журнале.

Досадно, очень досадно… И все же — что это за пузырек?!

* * *

Это было первое звено в длинной цепи загадок удивительного газа — цепи, разорвать которую удалось лишь полтора столетия спустя ценой редких в истории науки усилий.

Кэвендиш стал первой «жертвой» коварного

элемента. Мог ли этот незаурядный ученый подозревать, что, кроме кислорода, азота и углекислого газа, в воздухе содержатся еще какие-то неизвестные газы? Мог. А вот не догадался.

* * *

В 1892 году английский химик и физик Рэлей опубликовал в журнале «Природа» письмо. И сегодня, без малого век спустя, в каждой строке этого письма легко уловить недоумение его автора и обыкновенную человеческую усталость.

«Я очень удивлен недавними результатами определения плотности азота, — писал ученый, — и буду признателен, если кто-либо из читателей сможет указать причину».

Все началось с того, что Рэлей включился в спор о гипотезе Проута. Это была знаменитая дискуссия XIX века. Целочисленны атомные веса элементов или нет?

Безобидный вопрос, не правда ли? Но вот уже полвека кипят страсти в научных кругах.

— Да! — категорически утверждают одни.

— Нет! — пылко возражают другие.

По меньшей мере два поколения естествоиспытателей состарились в дискуссиях вокруг этой проблемы. Всякое бывало в спорах: яростные нападки и взаимные обличения, неразумные оскорбления и искренние примирения, редкие уступки и излишняя горячность.

Бывало и похуже. Случалось, что полемика об атомных весах, начавшаяся вечером в чопорных стенах какого-нибудь старинного немецкого университета, заканчивалась на рассвете дуэлью в ближайшем лесу. До убийства, конечно, дело не доходило. Но шрамы свои участники поединков носили вызывающе гордо — как свидетельство научной непримиримости.

Сухой и замкнутый Рэлей не принимал участия в этих бесплодных спорах. Настоящий ученый, он предпочел уединиться в лаборатории Кембриджского университета, которая — примечательное совпадение — носила имя Кэвендиша.

Тщетно воинственные оппоненты из Германии пытались вызвать Рэлея на научный спор.

«Нет уж, господа, — добродушно отписывался он, — разделим наши функции: перебранки — вам, а мне — эксперимент».

А экспериментатором Рэлей был блестящим. Вот и сейчас он затеял возню с азотом. Почему с ним? Разве нельзя определять атомный вес какого-либо другого, более доступного газа?

Получить чистый азот и впрямь нелегко. Для этого надо приготовить очень чистые соединения типа азотнокислого аммония или мочевины, а затем уже выделить из них азот, да так, чтобы в него не попали примеси других газов.

Пока все идет как нельзя лучше. Азот, выделенный из любого химического соединения, безразлично — органического или неорганического, имеет абсолютно одинаковую плотность: литр его весит 1,2505 грамма. А следовательно, постоянен и атомный вес азота независимо от того, из какого соединения он добыт. Впрочем, так и должно быть.

…В тот день Рэлей приступил к работе в радужном настроении. Радоваться действительно есть чему. Эксперименты идут к концу, все прекрасно согласуется друг с другом. Остался лишь один, последний опыт: определение плотности азота, добытого не из химических соединений, а из воздуха.

Получение чистого азота из воздуха — кропотливое дело, но умелый экспериментатор Рэлей с ним справляется легко. Он пропускает воздух над раскаленной медью — она связывает весь кислород. Затем несколько раз пропускает газ через раствор щелочи, которая жадно соединяется с углекислым газом. Небольшое количество водорода, содержащееся в воздухе, отлично поглощает мелкораздробленная платина. Что осталось еще? Пары воды? Их удержит пятиокись фосфора.

Вот и все. Получен чистый азот. Сейчас он будет взвешен — и работа закончена. Можно будет славно отдохнуть. И уже никто не будет придавать значение вздорным утверждениям проутовцев, что атомный вес элемента зависит от того, из какого элемента он добыт.

Вот колба с азотом помещается на весы, сейчас стрелка покажет, как и в прошлые разы, 1,2505. И можно ставить точку в лабораторном журнале.

Однако, как это ни странно, весы показывают на 16 десятитысячных доли грамма больше: 1,2521.

Досадно. Очевидно, азот был очищен недостаточно тщательно. Надо повторить опыт еще раз… Но стрелка снова останавливается на делении 1,2521. Что ж, придется провести эксперимент в третий раз.

— Не отвлекайте меня! — сердито отзывается Рэлей, когда лабораторный служитель напоминает ему, что уже глубокая ночь и не мешало бы, дескать, идти отдыхать.

Но и в третий, и в четвертый раз (истинный экспериментатор

— это прежде всего терпение и упорство), и в пятый, и в шестой (и он обязан, если требуется, забывать о времени), и в седьмой, и в восьмой (и об отдыхе тоже), и в девятый, и в двенадцатый (должно же оно, наконец, получиться!) стрелка весов застывает на одной и той же проклятой отметке — 1,2521.

Именно в этой удручающей неизменности результатов — доказательство того, что эксперимент поставлен правильно. Но лучше бы Рэлей где-то ошибся! Ведь такого быть не может! Не может и не должно.

В кэвендишевской лаборатории результаты мистера Рэлея обсуждались с горячностью, никак не вязавшейся с книжными представлениями о британской флегматичности. И если до дуэлей дело не дошло, то причина здесь отнюдь не в научном равнодушии кэвендишевцев, а в традициях Кембриджа, не допускавших подобного решения научных споров.

Но Рэлей не засиживается на этих дискуссиях. Он предпочитает работать в лаборатории. Бесконечно варьирует детали эксперимента, совершенствует приборы и думает, думает, думает…

А разгадки все нет.

Вот тогда-то и появилось письмо в «Природу»…

* * *

Не часто прибегают ученые к публичному оповещению о своем бессилии разобраться в какой-либо проблеме. Чтобы во всеуслышание заявить об этом, надо быть большим ученым и большим человеком. Вспомним с признательностью Рэлея. Он был большим ученым и большим человеком. Он не испугался досужих перемолвок, не побоялся разделить славу возможного открытия с другим исследователем.

* * *

Соратником Рэлея стал его соотечественник химик Уильям Рамзай. Прочтя обращение Рэлея, он в тот же день пишет ему, что, по-видимому, догадывается, в чем здесь дело. Вероятно, в воздухе присутствует какой-то неизвестный газ, который

утяжеляет атмосферный азот. Надо попытаться выделить этот газ, и тогда все прояснится.

Нам, конечно, непонятно, почему к этой простой мысли Рэлей не мог прийти сам. Но не будем уподобляться печально известному гимназисту, который, впервые посмотрев на сцене «Гамлета», воскликнул:

— И это все? А говорят: «Шекспир, Шекспир!» Я бы сам написал не хуже, если бы только до этого додумался!

Незамысловатость идеи Рамзая кажущаяся. Все большие открытия просты по своей сути.

В письме Рамзай просит у Рэлея разрешения присоединиться к исследованиям над заинтересовавшей его загадкой атмосферного азота. Разумеется, Рэлей отвечает согласием. Он рад союзу с одним из наиболее видных ученых Англии. Конечно, он немедленно попытается проверить интересное предположение Рамзая и надеется, что его коллега не замедлит заняться тем же.

Исследователи пошли разными путями. Рамзай, получив из воздуха азот, попытался отделить его от неизвестной примеси, связывая азот раскаленным магнием. Рэлей же…

Но тут нельзя не подивиться причудливой игре случая.

Рэлей долго размышлял над тем, каким образом ему связать атмосферный азот и в конце концов решил, что лучшего пути, чем тот, по которому шел в свое время Кэвендиш, ему не выбрать. Пропуская через воздух электрические разряды, Рэлей связывал образующиеся при этом окислы азота щелочами. Попутно решалась и вторая проблема: вместе с азотом уходил из воздуха и кислород.

Выбор Рэлея был тем более знаменателен, что лаборатория, в которой он работал, носила имя Кэвендиша. Впрочем, это обстоятельство давало богатую пищу любителям-острословам. Но Рэлей на них не обижался.

Да и чего обижаться, когда дело сделано: следуя каждый своим путем, Рэлей и Рамзай выделили по нескольку кубических сантиметров неизвестного газа, оказавшегося, судя по всему, новым химическим элементом.

Открытие нового элемента — всегда непростая задача. Ну, а обнаружение этого диковинного газа, вокруг да около которого ученые, как выясняется, ходили, по меньшей мере, век, но все не замечали, — и вовсе трудное дело. Вот почему Рамзай, выступая в 1897 году с докладом «Неоткрытый газ», форма которого выдавала художественный склад натуры его автора, имел все основания сказать:

«Есть пословица о том, как трудно отыскать иголку в стоге сена; современная наука при помощи подходящих магнитных

приспособлений быстро справилась, если бы была назначена хорошая премия, с подобного рода задачей и извлекла бы иголку из стога. Но для нас роль иголки в стогу играл „неизвестный элемент“, характеризуемый к тому же чисто отрицательным свойством — неспособностью к соединению с другими элементами, а „стогом“, в котором приходилось разыскивать иголку, был весь мир».

Однако прошло немного времени, и веселый смех в лаборатории сменился озабоченным и недоуменным шепотом: у нового газа оказалось такое количество странностей и несообразностей, что пришли в уныние даже видавшие виды исследователи.

Впрочем, ни Рэлей, ни Рамзай не знали, что еще много загадок задаст научному миру этот газ — загадок, перед которыми спасует не одно поколение его будущих исследователей.

* * *

Нет, речь здесь вовсе не об удивительной химической инертности нового обитателя Периодической системы. Это упорное нежелание вступать во взаимодействие ни с одним из элементов, нежелание, за которое его нарекли аргоном, что значит «недеятельный», было скоро объяснено. Были открыты и другие представители семейства инертных газов — гелий, неон, криптон, ксенон.

Речь здесь о том, что аргон поставил перед Периодической системой и ее творцом загадки, которые при тогдашнем уровне развития физики попросту были неразрешимы.

Но Менделеев искал разгадку со свойственными ему страстностью и упорством. И не находил…

* * *

Дважды два — четыре. Квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов. Энергия взаимодействия двух электрических зарядов обратно пропорциональна расстоянию между ними. В

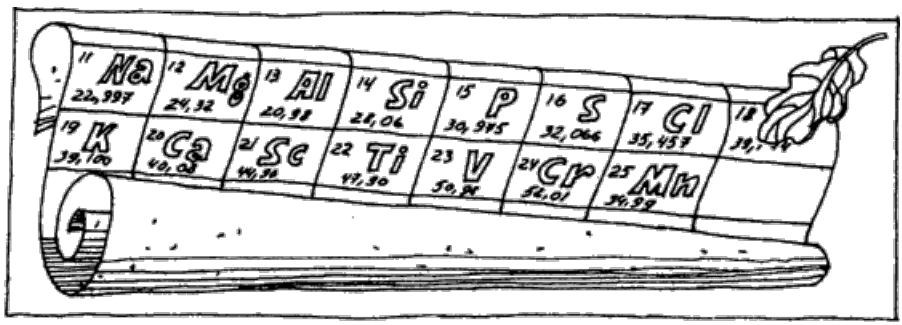
Периодической системе Менделеева элементы располагаются в порядке увеличения их атомной массы.

К началу XX века это были одинаковые по непогрешимости истины.

Если хотя бы в одном-единственном треугольнике квадрат гипотенузы оказался больше или меньше суммы квадратов катетов, это означало бы не только несостоятельность теоремы Пифагора — рушилась бы вся система эвклидовой геометрии.

Если хотя бы в одном-единственном случае выяснилось, что закон Кулона не оправдывается, это было бы равнозначно крушению всего учения об электричестве.

Но никто, складывая 2 и 2, не получил 5. Никому не удалось опровергнуть Пифагора. Остался незыблемым закон Кулона. Но вот новичок аргон заставил многих усомниться в правильности закона Менделеева.



Понять, в чем здесь дело, нетрудно. На рисунке — третий и четвертый ряды системы Менделеева. Прикройте клетку № 18, в которой обитает аргон. Именно так, без аргоновой «квартиры», выглядел этот участок менделеевской таблицы до открытия, сделанного английскими физиками. Все четко, все стройно, все упорядоченно: фосфор — сера — хлор — калий. У каждого последующего элемента атомная масса больше, чем у предыдущего.

Теперь откройте клетку № 18, явите взору аргон — и сразу все рушится: и четкость, и стройность, и упорядоченность. Действительно: хлор — 35,5, аргон — 40, калий — 39.

Итак, семь с лишним десятков известных к тому времени химических элементов в общем довольно закономерно укладываются в стройный каркас Периодической системы и лишь новичок аргон ведет себя строптиво.

Можно было бы, правда, поменять аргон и калий местами — так, чтобы за калием — 39 следовал аргон — 40. Но тогда, мягко выражаясь, получилась бы ерунда. Инертный газ аргон попал бы в

компанию чрезвычайно активных в химическом отношении щелочных металлов-элементов, на которые аргон не похож ни одним из своих свойств — какое ни выбери. Ну, а калий оказался бы втянутым в компанию, возглавляемую гелием, с которым его ничто, абсолютно ничто не роднит.

Легко представить, сколько огорчений доставил этот «сбой» творцу периодического закона. Но и сами открыватели аргона немало смущены «невежливостью» своего крестника. Может быть, они в чем-то ошибаются? Рэлей и Рамзай согласны предоставить аргон, хотя он пока что очень и очень дефицитен, всем желающим с тем, чтобы данные по атомной массе аргона были проверены и перепроверены.

Но все проверки и перепроверки с неизбежностью показывают одно и то же значение: 40. Проверять и перепроверять же атомную массу калия не имело смысла: давно и с предельной достоверностью было известно, что она равна 39.

Ну, а в те годы, о которых идет речь, методы определения атомных масс химических элементов были разработаны настолько надежно, что различие в одну единицу (40 – 39 = 1) намного превышало возможную ошибку опыта.

Может быть, такая же картина наблюдается и у других инертных газов, открытие которых не запоздало последовать? Нет. Атомная масса неона меньше, чем у следующего за ним натрия. То же у пары криптон — рубидий, и у пары — ксенон — цезий.

В лагере врагов периодического закона началось радостно-злобное оживление. Завистники — а в них Менделеев никогда не ощущал недостатка — громко говорили о скором крахе системы.

Менделеева мало волнуют происки его научных соперников. Он убежден в справедливости своего закона. И поэтому… не верит в правильность определения атомной массы аргона. Даже в восьмом издании знаменитых «Основ химии», выпущенном за год до его смерти, в 1906 году, ученый пишет, что аномалия атомной массы аргона «заставляет полагать, что аргон содержит подмесь другого газа с высокой плотностью».

И как водится, начали возникать различные теории, гипотезы, предположения. Одни невероятнее других. Нередко остроумные, находчивые, но совершенно не согласующиеся с действительностью.

* * *

Если переплести все работы, посвященные только этой аномалии аргона, то получилось бы внушительное собрание, отражающее мучительные поиски, догадки, надежды, которым не суждено было сбыться. Но решение не приходило. А тут все явственнее стала вырисовываться еще одна загадка аргона. Она явилась, эта проблема, окруженная свитой теснящих друг друга вопросительных знаков…

* * *

Найдется, возможно, когда-нибудь достаточно желчный человек, который возьмет на себя труд собрать высказывания различных научных, околонаучных и просто ненаучных деятелей о том, чего, по их мнению, никогда (ни-ког-да!) нельзя будет достичь, изобрести или открыть. Получится внушительная коллекция, которая станет памятником человеческим ограниченности и самодовольству.

В чем только не сомневались в истории науки!

— Подняться в воздух? Да еще на аппарате тяжелее воздуха? Абсурд, нонсенс! Расчеты опровергают эту возможность. Рас-че-ты!

— Электричество? Для фокусов еще, быть может, сгодится. Но для чего-нибудь большего? Сударь, вы меня смешите!

— Синтезировать — в лаборатории — органическое вещество? О чем говорите вы, коллега?! Одумайтесь!

Вот и один из выдающихся, действительно выдающихся, деятелей естествознания начала нашего века частенько повторял: «Не надо интересоваться тремя неразрешимыми вопросами: что было до того, когда ничего не было; что такое бесконечность; почему химические элементы встречаются в недрах Земли в таких неравномерных количествах».

Не стоит называть имя этого ученого, сделавшего, кстати, очень немало для развития химии и физики. Но приведенное высказывание свидетельствует о том, что еще с полстолетия назад даже постановка вопроса о закономерностях распространения химических элементов проходила по разряду безответственного прожектерства.

Убежден, что отважиться на негативный прогноз в науке можно (и следует) лишь тогда, когда прогнозируемое явление или изобретение противоречат фундаментальным законам

естествознания. Но если они действительно им противоречат, то тогда, читая, пусть даже в самом солидном издании,

— что некий удачливый баварец сконструировал повозку, которая движется единственно за счет выкачивания тепла из окружающего воздуха;

— что некий проворный экспериментатор (даже удостоенный ученой степени) научил двух женщин продуцировать мозгами рентгеновские лучи;

— что один деятель, подвизающийся отнюдь не на цирковой ниве, лишь силой своего незаурядного интеллекта двигает на расстоянии предметы, а недавно даже погнул двухтавровую балку (посмотрел — и все!);

знайте, что все это чистой воды спекуляции, либо игра на доверчивости людей, не очень обремененных знаниями в области точных наук.

Но сказанное относится лишь к лженауке. Попытки же объяснить причины различной распространенности различных

химических элементов никак не могут быть отнесены к лженауке. В большинстве случаев уверенно удается объяснить, почему этого элемента в земной коре много, того — мало. Во всяком случае, с инертными газами — положение ясное.

Нелюдимыми монахами-отшельниками живут обитатели нулевой группы среди почти всегда активного и общительного населения Периодической системы химических элементов. Наложив на инертные газы обет химического безбрачья[2], природа обрекла их тем самым на вечное заточение в своеобразном монастыре — земной атмосфере. Действительно, для того, чтобы входить в состав горных пород и минералов, либо в состав солей морской воды, надо быть соединенным — химически! — с другими элементами. А это инертным газам, во всяком случае, при обычных условиях, заказано.

Находясь в земной атмосфере, инертные газы, подобно всем другим составным частям воздуха, претерпевают многие превратности.

Любой газ, находящийся в атмосфере, улетучивается с большей или меньшей скоростью в мировое пространство. Причин этому несколько.

Космическое излучение, беспрерывно атакующее нашу планету, больше всего разрушений причиняет верхним слоям атмосферы, где оно ионизирует атомы и молекулы газов, входящих в состав воздуха. Образующиеся заряженные частицы выбрасываются магнитным полем Земли. Часть газов уносится давлением солнечного света.

Существует еще одна причина утечки газов из атмосферы нашей планеты. Причина достаточно своеобразная.

Молекулярно-кинетическая теория газов показывает, что в любом объеме газа молекулы газа неравноценны по энергии и поэтому движутся с различной скоростью. Вот и в воздухе имеются молекулы-тихоходы, передвигающиеся со скоростью, всего раза в четыре превышающей скорость экспресса Москва — Ленинград. Но есть и чемпионы, пробегающие за секунду 10–15 километров. Понятно, что такой скорости молекуле более чем достаточно, чтобы преодолеть силу земного притяжения.

К счастью для нас, не всякая столь стремительно летящая молекула выходит в «космонавты». Сталкиваясь с соседками, она быстро гасит скорость и остается землежительницей. Не будь этого, Земля лишилась бы атмосферы задолго до того, как на ней появился человек.

И все же части молекул удается вырваться за пределы поля тяготения Земли. И поэтому идет непрерывная утечка в межпланетное пространство каждого из газов, входящих в состав атмосферы.

Каждого. И значит, любой из инертных газов стремится в космос ничуть не менее активно, чем, скажем, кислород или азот — основные компоненты атмосферы. Однако последних в атмосфере, как известно, во много десятков раз больше, чем всех инертных газов вместе взятых. И это понятно: кислород атмосфере доставляют растения, азот возвращается в атмосферу при распаде погибших растений. Кроме того, значительный приток азота идет из действующих вулканов. В общем, воздушный голод нам не грозит. Пока.

Но инертные газы утекают безвозвратно. Потому что растения, не говоря о животных, не научились ассимилировать аргон. И, конечно, никогда не научатся.

Впрочем, все сказанное — всего лишь присказка. А сказка будет о том, как исследователи столкнулись с проблемой, объяснить которую, казалось, было уж никак невозможно.

В средние века гораздо чаще, чем сейчас, научную истину искали в споре. Диспуты были таким же обыденным делом, как сегодня доклады на научных конференциях. Впрочем, аудитория внимала им, разумеется, куда с большим интересом, чем научным истинам, преподносимым в виде монолога. Вспомним хотя бы диспут с участием Панурга, столь выразительно описанный гениальным Рабле в его бессмертной сатире.

К диспуту прибегали прежде и в научных трудах, которые часто писали в те времена в виде диалога между двумя собеседниками. Мне кажется, это был хороший прием. Читатель мог следить за появлением идей, за кристаллизацией истины, так сказать, «в момент рождения». Попробую последовать этому приему, перенеся его в наши дни.

Спорят трое ученых: рассудительный, вспыльчивый и недоверчивый.

Вспыльчивый. Но ведь это черт знает что!

Рассудительный (укоризненно). Но, коллега…

Вспыльчивый. Нет, коллега, именно черт, быть может, только и знает, в чем здесь дело, нормальному человеку разобраться в этом никак нельзя. Посудите сами, инертных газов в атмосфере очень мало, и объяснение этому найдено, как я понимаю, достаточно убедительное.

Недоверчивый. Да?

Вспыльчивый. Но почему, скажите мне, почему аргона в воздухе в тысячу раз больше, чем остальных инертных газов вместе взятых, в ты-ся-чу!

Рассудительный. В тысячу пятьдесят раз.

Недоверчивый. Ого!

Вспыльчивый. Вот, если бы таким высоким содержанием в воздухе характеризовался гелий, это можно было бы еще как-то объяснить.

Недоверчивый. Да-а?

Вспыльчивый. Конечно! Ведь гелий выделяется при радиоактивном распаде многих элементов — урана, тория, радия…

Рассудительный. Но вы забываете, коллега, что гелий — легчайший из инертных газов, поэтому он легче всего покидает атмосферу. Вероятность отправиться странствовать в межпланетное пространство у гелия куда выше, чем у остальных инертных газов.

Недоверчивый: Да ну?..

Вспыльчивый. Тогда я не возражал бы против того, чтобы наиболее распространенным среди инертных газов атмосферы оказался радон — он ведь самый тяжелый.

Недоверчивый. Гм-м…

Рассудительный. Ну, на радон как раз надежд мало. Ведь он радиоактивен, и период полураспада этого элемента составляет всего четверо суток. Посудите, может такой газ накапливаться в атмосфере?

Недоверчивый (злорадно). Ага!

Вспыльчивый. Тогда ксенон. Именно он должен быть самым распространенным инертным газом.

Рассудительный. С этим трудно не согласиться.

Недоверчивый. Но ведь преобладающим все же является аргон! Почему же, почему?

Рассудительный, Вспыльчивый (вместе). Почему?..

Я намеренно не назвал профессии наших спорщиков. Проблема аргона занимала умы представителей многих наук. Удивлялись химики. Поражались геологи. Изумлялись геохимики. Недоумевали физики. Никто не оставался

равнодушным, когда заходила речь о своенравном обитателе клетки № 18.

* * *

Так бывает при сплаве леса. Достаточно одному бревну зацепиться за корягу, как тотчас же возникает затор, бревна громоздятся друг на друга, образуя причудливые нагромождения, а сплавщики в низовьях недоумевают: куда девался лес?..

Так же вокруг одного загадочного аргона стали громоздиться десятки других проблем, которые не могли быть решены, пока не были сняты вопросительные знаки, окружающие этот элемент.

Распутать клубок помогло открытие, которое, на первый взгляд, не имело никакого отношения к аргону.

* * *

Чтобы там ни говорили ревнители строгого искусства, а хороший детективный фильм посмотреть всегда интересно. Непонятное и таинственное преступление. Задумчивые лица полицейских инспекторов. Сыщики ищут преступников среди родственников и знакомых убитого. А убийцей оказывается швейцар ресторана, которого нам на полторы секунды показали где-то в начале фильма.

История с загадками аргона очень походила на такой детективный фильм. С такими же озабоченными лицами ходили «сыщики» — исследователи проблемы аргона. И так же вначале было совершенно неясно, где искать «преступника» — разгадку проблемы. И так же выдвигались различные версии, которые затем опровергались ходом «розыска». Недостатка в этих версиях не было.

Вот хотя бы предположение одного весьма прыткого «детектива». Он предложил искать «виновных» среди «родственников» аргона. По его мнению, аргон образуется в атмосфере при слиянии неона и криптона. Поэтому, дескать, неон и криптон из атмосферы мало-помалу исчезают, а аргон, напротив, накапливается.

Проверили, посмеялись и забыли.

Занялись другой версией: все инертные газы, за исключением аргона, радиоактивны. Поэтому они распадаются, и относительное содержание аргона в атмосфере постепенно повышается. Но «сыщики», отправившиеся по этому следу, также вернулись ни с чем.

И тут-то на «полторы секунды» — в небольшой журнальной заметке промелькнул истинный виновник сумятицы. Появилось сообщение о том, что доказана естественная радиоактивность калия.

«Аргонавты» — так прозвали досужие острословы исследователей, бившихся над загадками аргона, — не обратили внимания на эту заметку. Они занимались инертными газами и не могли отвлекаться ради давно известного и хорошо исследованного калия. «Швейцар» ничем не привлек их внимания.

Калий действительно оказался истинным виновником всех загадок аргона.

И после того как был найден этот виновник, картина «преступления» раскрылась сразу и во всей полноте.

Естественными радиоактивными свойствами обладает один из изотопов калия — калий с атомной массой 40. Распространение этого изотопа в природе крайне невелико — около одной сотой доли процента. Большая же часть атомов, составляющих природный калий, характеризуется массовым числом 39. Поэтому атомная масса калия близка (чуть превышает) 39.

Радиоактивность калия-40 весьма хитрого и, по-видимому, еще незнакомого читателю свойства: в атомах этого изотопа один из электронов находится в опасной близости от ядра. Настолько опасной, что рано или поздно совершается неизбежное: электрон притягивается ядром. Упав на ядро, электрон мгновенно вступает во взаимодействие с положительно заряженным протоном. В результате этого взаимодействия образуется нейтральный нейтрон. С точки зрения физики процесс прост, а последствия его куда как значительны!

Исчез из ядра атома калия протон. А раз так, то калий уже никак не может оставаться калием. Заряд ядра уменьшился на 1. Было 19, стало 18. Было ядро атома калия. Стало ядро атома аргона.

Но масса-то ядра не изменилась, потому что по массе нейтрон и протон очень близки. Был калий-40, образовался аргон-40.

Это объясняет все. Атмосферный аргон полностью обязан

своим происхождением калию-40. Других изотопов аргона с меньшей атомной массой в природе совсем мало. Поэтому наш, «земной», аргон имеет атомную массу, практически равную 40. Ну, а калий, который по менделеевскому табелю о рангах должен был стоять по атомной массе за аргоном, оказывается перед ним. И нетрудно теперь понять почему. Когда-то (очень давно, в отдаленные геологические эпохи) калия-40 было достаточно много. Но время шло. В природном калии все меньше оставалось изотопа с массовым числом 40 и, следовательно, относительно все больше накоплялось изотопа с массовым числом 39. Соответственно, атомная масса калия все больше сползала от 40 к 39. Сегодня она равна 39,1. А в будущем, конечно очень отдаленном (период полураспада калия-40 превышает миллиард лет), атомная масса калия станет еще меньше.

Как видим, разгадка, как во всякой хорошей головоломке, оказалась достаточно простой. Вот только отыскать решение… Обидно, конечно, что головоломка с атомными массами калия и аргона доставила неприятности Менделееву. Но можно ли было тогда предполагать существование изотопов и таких необычных видов радиоактивности?

Ну, а причину завышенного содержания аргона в атмосфере уже можно не пояснять. Если вспомнить, что калий — один из самых распространенных элементов в земной коре, все становится ясным.

Несложный расчет показывает, что калий, находящийся в земной коре, ежечасно выбрасывает в атмосферу около тонны аргона. Свыше 20 тонн в сутки, около 600 тонн в месяц, 7000 тонн в год. А сколько его образовалось за те 5,5 миллиарда лет, которые существует наша планета!

* * *

Итак, с загадками аргона покончено. Решена проблема, занимавшая умы исследователей почти полтора столетия. Знай ученые о радиоактивности калия, несомненно история аргона не изобиловала бы такими драматическими событиями. Все происходило бы куда проще, куда быстрее. И куда… скучнее.

* * *

В лагере «аргонавтов» наступило умиротворение. И то сказать: не часто в истории науки наблюдались случаи, когда одно открытие сразу решало столько важных и, казалось, неразрешимых проблем.

Зато в лагере исследователей радиоактивности возникло смятение. Открытие естественной радиоактивности калия одним махом отбросило ученых с крепко завоеванных позиций. Началось отступление. Отступление беспорядочное, с большими потерями и, чего греха таить, с превеликой паникой.

Уже потом, когда немного успокоились и огляделись, увидели, что отступление, в общем, было закономерным, что позиции, на которых сидели исследователи радиоактивности, были очень непрочны. Выяснилось, что и «траншеи» — теории радиоактивного распада — были неглубокими, и «ходы сообщения» — связь между отдельными положениями этой теории — оказались ненадежными, а главное, «боевого снаряжения» — фактов — было совсем мало.

А на первый взгляд все было построено логично и убедительно. Известно, что радиоактивные элементы находятся в конце Периодической системы элементов — там, где сгруппировались самые тяжелые, самые громоздкие представители этого братства. Вот почему естественным и закономерным был вывод, что тяжелые ядра атомов этих элементов неустойчивы и самопроизвольно распадаются. При распаде они выбрасывают одну или несколько частиц, превращаясь в более легкие, но зато более стабильные ядра.

Таковы были взгляды на природу радиоактивности в 20-х и начале 30-х годов. Правда, внимательный наблюдатель замечал бреши в этих позициях. Хотя бы такую. Если радиоактивность зависит от массы атомного ядра, то, вероятно, чем тяжелее ядро, тем быстрее распадаться должен радиоактивный элемент. Однако наблюдения опровергли это предположение. Так, уран, имеющий атомную массу 238, распадается в несколько миллионов раз медленнее, чем полоний с атомной массой 210.

Но все же любой из известных в то время радиоактивных элементов находился в конце системы Менделеева, и это хотя бы поясняло что-то. Но калий? Элемент с порядковым номером всего лишь 19? Согласитесь, что странно, очень странно наблюдать радиоактивность у этого легкого элемента, за которым в таблице Менделеева следует добрых шесть десятков элементов, почитающихся абсолютно, можно сказать, несокрушимо стабильными. Хотя… стабильными ли?

В 30-х годах нашего столетия существовало четыре числа, которые, произнесенные друг за другом, приводили каждого химика в трепетное состояние: 43, 61, 85 и 87.

Нет, это не пароль какой-то тайной секты. И не шифр, с помощью которого заговорщики надеются скрыть от непосвященных свою деятельность. Это просто номера клеток в Периодической системе элементов.

К середине 30-х годов поле деятельности химиков по открытию новых элементов стало сокращаться. Становилось очевидным: исходя из логики периодического закона Д. И. Менделеева, не приходится ожидать сколь-нибудь обильного урожая новых, неоткрытых пока элементов. Кто мог знать, что пройдет каких-нибудь 10–15 лет и это поле не только снова расширится — станет едва ли обозримым! Кто мог предсказать, что химия в тесном союзе с физикой начнут открывать — нет, не то слово! — начнут получать новые химические элементы, неизвестные — и снова не то слово — не существовавшие прежде. Да, элементы, стоящие нынче в таблице Менделеева за ураном, были синтезированы с помощью разнообразных ядерных реакций[3].

Но кто тогда мог догадываться о грядущем химическом Клондайке?! И поэтому каждый из тех сотен, а то и тысяч химиков, которые заняты поисками новых элементов, с надеждой вглядываются в клетки с номерами 43, 61, 85 и 87, потому что именно в этих четырех клетках таблицы Менделеева *пока* стоят вопросительные знаки. Конечно, *пока*, потому что эти элементы *еще* не открыты. Но, разумеется, будут открыты — ведь были же в свое время открыты их соседи.

Стоит ли говорить о том, что значит для ученого открыть неизвестный доселе химический элемент. Это прежде всего сознание, что ты своим открытием расширил горизонты химии и физики, добыл факты, представляющие непреходящую ценность для науки. И конечно, сознание того, что твое имя навсегда — навсег-да! — войдет в историю науки.

Кого-то из исследователей интересовали мотивы, изложенные в первой из двух последних фраз, кого-то — во второй. Но описать ту напористость, тот азарт, ту горячность, с какими искали эти элементы, действительно трудно. Представьте кладоискателя, много лет ищущего сокровища, о которых ему перед отходом в вечность шепнул холодеющими губами умирающий двоюродный дедушка. Сомневаться в правдивости предка нет оснований, но вот беда: сказать точно, где зарыт клад, предок не успел. И приходится лихорадочно перекапывать родовое поместье. А заветный сундучок все не попадается.

Быть может, это развернутое сравнение даст некоторое представление об атмосфере, какая царила в лабораториях, занимавшихся поисками неизвестных элементов. Аналогия — тем более уместная, что в существовании незнакомцев сомневаться не приходилось. В самом деле, если имеются, например, элементы 84-й и 86-й, то есть если известны полоний и радон, то чем провинилась клетка с № 85? И почему вопросительный знак в этой клетке не сменить на название химического элемента?

Сменить? Но для этого надо эти элементы найти в природе. А они не отыскиваются.

Особенно раздражали химиков вопросительные знаки в клетках 43 и 61. Что до 85-го и 87-го элементов, то здесь можно тешиться мыслью, что эти элементы, будучи сильно радиоактивными (а эти элементы, безусловно, попадали в радиоактивную область), уже успели распасться.

Но 43-й и 61-й. Эти-то куда подевались?

Известие о естественной радиоактивности калия, разрушившее традиционные представления о природе радиоактивности, воодушевило искателей неуловимых элементов. Действительно, если радиоактивен легкий 19-й элемент, то тем вероятнее найти естественную радиоактивность у куда более тяжелых 43-го и 61-го. Радиоактивность этих элементов объяснила бы их неуловимость: отсутствие в недрах Земли вызвано тем, что они попросту распались.

Но предположения, пусть и самые вероятные, на научных оппонентов не действуют. Им нужны доказательства. А вот поди докажи, что 43-й и 61-й радиоактивны, если исследователи не располагали и одним атомом этих элементов.

И тут, на гребне размышлений, сомнений и огорчений блеснула удача — слово, впрочем, мало подходящее для описания хода научных исследований. Удача необходима для игры в спортлото, а в науке она, или, вернее, то слово, которым надо было заменить это определение, посещает тех, кто удачу ищет. Но ведь это и впрямь удача, что была открыта естественная радиоактивность 62-го элемента — самария.

Оказалось, что один из его изотопов — самарий-147 — способен самопроизвольно выбрасывать альфа-частицу. Правда, период полураспада этого нового естественного радиоактивного элемента оказался весьма внушительным: 100 миллиардов лет, что пояснило, почему столь слабая радиоактивность этого элемента не была замечена прежде.

Двумя годами позже, в 1934 году, выяснилось, что и другой сосед 61-го, 60-й элемент, неодим, обладает естественными радиоактивными свойствами. Теперь исчезли последние

сомнения в том, что 61-й элемент существовал в далекие геологические эпохи на нашей планете, но, будучи, как и его соседи, радиоактивным, успел полностью распасться.

Загадка 43-го элемента разрешилась сходным образом. Изучение «окрестностей» этого элемента в Периодической системе с бесспорностью показало, что 43-й элемент из-за своей радиоактивности успел исчезнуть из земных недр.

Сегодня в 43-й и 61-й клетках Периодической системы вопросительные знаки сменились названиями элементов — технеций и прометий. Нарекли их такими именами ученые, которые искусственно с помощью ядерных реакций сумели получить эти элементы. Ну, а то, почему их назвали именно так, а не иначе — это уже совсем другая история и для другой книги.

Теперь, после того как было доказано с бесспорностью, что естественная радиоактивность присуща отнюдь не только тяжелым элементам, а срединным и даже легким, логично возник вопрос — а не являются ли радиоактивными (уточняю — естественно радиоактивными) и все остальные элементы системы Менделеева?

И как только вопрос был поставлен в такой плоскости, дискуссия, бывшая прежде узкоспециальной и представлявшая интерес разве для горстки физиков и химиков, занимавшихся в те годы проблемами радиоактивности, эта дискуссия перешла в общенаучную и, главное, приобрела яркую идеологическую направленность. Именно идеологическую.

* * *

Борьба материализма и идеализма. Часто представляют ее извращенно. Да, дескать, в далеком прошлом выпадали поводы, когда эти сражения были неизбежны. А сегодня? О каких сражениях может идти речь, когда идеализм давно и окончательно сражен. И стоит ли сегодня считаться с этими блаженненькими, с идеалистами?

* * *

Идеалисты в наши дни уже не уповают на имя божье. Не

потрясают они и библией, как это делали сравнительно недавно. Нет, теперь такими хлипкими аргументами верх в споре с материалистами не возьмешь. Чем сильны материалисты? Фактами. Что ж, будем крыть материалистов фактами.

Итак, уважаемые господа материалисты, вы говорите, что природа находится в вечном развитии и движении. Не спорим, не спорим… Кому же придет в голову усомниться в этом!

Верно. Живые организмы появляются на свет, развиваются, рождают себе подобных, гибнут. И у нас, господа материалисты, нет никаких сомнений, что Дарвин был прав. Разумеется, дураками и невеждами были те, кто в 20-х годах затеял «Обезьяний процесс». Ведь это очевидно — человек произошел от обезьяны. А Дарвин — великий Дарвин! — был глубоко прав во всех пунктах своей эволюционной теории.

Но вот неживая, неорганическая природа — тут уж извините. Тут развития и превращений быть не может. Создал… нет, не бог, конечно, бога нет, — создал, допустим, «высший дух» определенное количество элементов во Вселенной. И все. Никакими силами соотношение элементов в космосе не изменить. Какие бы галактические катаклизмы и превращения не происходили, количество железа, например, или кальция остается неизменным — таким, каким оно было 10 миллиардов лет назад, и таким же, каким оно будет 10 миллиардов лет спустя.

Итак, отличие живой и неживой природы налицо. Первая развивается, вторая мертвая и застывшая. Основа первой — «высший дух», вторая — бездушна. Без «высшего духа» ничто существовать не может. Он, и только он обуславливает развитие материи во Вселенной.

Представьте себе, что вы живете лет этак пятьдесят назад. Что вы можете возразить этому речистому идеалисту? Как будто бы в самом деле примеров развития и превращения в неживой природе не существует.

С нескрываемой гордостью взирали идеалисты на плотину схоластических утверждений, воздвигнутую ими на пути здравого смысла, и, сидя на этой плотине, радостно болтали ногами и задорно поглядывали на, как казалось им, вконец поверженных оппонентов: «Сбейте, мол, нас с наших позиций, господа! Сбейте, если сможете!»

И не заметили они в упоении и гордыне, как в их плотине появилась первая брешь: бесспорное установление факта естественной радиоактивности у элемента, находившегося чуть ли не в самом начале Периодической системы, у калия. Затем через плотину потекли ручейки: была открыта естественная радиоактивность самария и неодима. Ну, а потом…

Потом открытия хлынули мощным потоком, сокрушившим хлипкую плотину идеалистических домыслов: естественная радиоактивность была открыта у большинства элементов системы Менделеева.

Вряд ли стоит останавливаться на истории открытия радиоактивности каждого из элементов. Такой рассказ получился бы долгим и, главное, однообразным. Но вот остановиться на том, почему естественная радиоактивность легких и срединных элементов Периодической системы не была открыта в те годы, когда узнали о радиоактивности «настоящих» радиоактивных элементов — радия, урана, тория — безусловно стоит.

Начнем с утверждения, бесспорность которого в полной мере соответствует его испытанной веками истинности: все познается в сравнении. Сравним скорость распада различных радиоактивных элементов. Сделать это, казалось бы, несложно: достаточно заглянуть в справочник — и мы увидим, что период полураспада, (скорость, с какой распадается радиоактивный элемент удобно характеризовать именно этой величиной — временем, за какое распадается половина атомов радиоактивного элемента) например радия, составляет 1600 лет, или $1{,}6 \cdot 10^3$ лет, а период полураспада естественного радиоактивного изотопа олова $2 \cdot 10^{17}$ лет. Сопоставив эти две величины, мы увидим, что радиоактивное олово распадается примерно в 10^{14} раз медленнее, чем радий.

Написать число в виде десятки в какой-то там степени легко. Представить же, что такое 10^{14}, даже если назвать это число: сто тысяч миллиардов — человеческому воображению, даже самому буйному, по-видимому, не под силу. Поэтому попробуем сопоставить скорости распада на языке экспериментаторов. Минимальное количество распадов атомов в одну минуту, которое можно уверенно зафиксировать с помощью обычных приборов для измерения радиоактивности, составляет 10. Так вот, такое количество распадов в минуту будет давать… пять тысячных от одной миллиардной доли грамма радия, или $5 \cdot 10^{-12}$ грамма. И снова получилось число, недоступное человеческому воображению, на этот раз уже по причине своей мизерности. Но зато для того, чтобы уловить 10 распадов в минуту радиоактивного изотопа олова, надо будет взять металла уже вполне реальное количество — 10 килограммов.

Казалось бы, достаточно просто — бери брусок олова и измеряй его радиоактивность. Да, но попробуйте это сделать. Попробуйте, если все вокруг — и материал, из которого сделаны измерительные приборы, и сосуд, в который помещен образец, и воздух, да и сам экспериментатор — все вокруг содержит радиоактивные элементы. Их радиоактивность в сотни тысяч, в

миллионы раз превышает «жалкие» десятки распадов радиоактивного олова: разве уловишь слабый писк комара в вое ураганного ветра?!

Но ведь олово распадается еще и не так медленно. Вот свинец в сравнении — в сравнении! — с оловом и впрямь тихоход. Для того, чтобы зафиксировать радиоактивный распад все того же десятка атомов, следовало бы взять… побольше миллиарда миллиардов тонн свинца — количество, какое не набрать, если бы наскрести свинец со всех планет Солнечной системы, прихватив еще пару-другую ближайших звезд.

Вот почему не приходится удивляться, что радиоактивные свойства были вначале открыты лишь у тех элементов, которые распадаются с большой скоростью. И лишь затем, по мере усовершенствования методов измерения радиоактивности, круг известных нам естественных радиоактивных элементов стал расширяться. И если он сейчас еще и не охватил всю систему Менделеева, то в недалеком будущем займет ее всю. Всю без остатка.

Так наука пришла к выводу о всеобщей радиоактивности химических элементов. Мало какие из научных концепций имели и имеют столь важное мировоззренческое значение. Оказывается, во Вселенной идет непрекращающееся превращение одних элементов в другие. Более громоздкие элементы превращаются в менее громоздкие — с меньшими порядковыми номерами, с меньшей атомной массой. Идет этот процесс непрерывно и безостановочно.

Пусть сегодня мы еще подразделяем все элементы по радиоактивным свойствам на две группы: элементы с четко выраженной радиоактивностью (сюда относятся элементы, замыкающие Периодическую систему) и все прочие. Но деление это условно и грешит значительной долей традиционности. В самом деле, вчера четко выраженной считалась радиоактивность лишь у радия, урана и тория. Сегодня, на наших глазах, свершился переход из второй группы в первую — калия и рубидия. А завтра, с усовершенствованием методов измерения радиоактивности, можно будет четко регистрировать излучение и у всех остальных химических элементов. Деление элементов на радиоактивные и нерадиоактивные будет вообще забыто.

А природа не разграничивала эти элементы никогда. Для нее они все — братья, одинаковые по правам и по поведению. Для Вселенной периоды полураспада в миллиард и в миллиард миллиардов лет одинаково много и одинаково мало. Потому что масштабы жизни Вселенной свои, несоизмеримые с масштабами времени жизни человека.

У Вселенной свои часы, уравнивающие неустойчивый уран и почти неизменный, опять с нашей точки зрения, свинец.

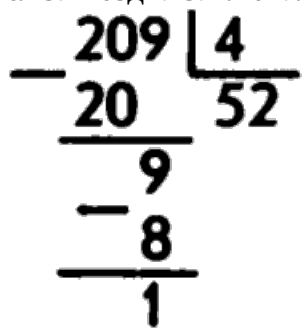
Итак, атомы химических элементов непрерывно изменяются. Идет превращение одних ядер в другие. Идет процесс развития и изменения в неживой, неорганической природе. И этот факт — лучшее подтверждение основных положений диалектического материализма, неизбежности развития материи в любой форме ее организации, о неизбежности развития как самом условии существования материи.

* * *

Еще одно затруднение позади. Взят еще один уступ. Но альпинистам в какой-то мере лучше, чем людям науки. Потому что, сколько бы ни карабкались ученые по «каменистым тропам» науки, препятствий впереди будет всегда больше. И никогда не достичь самой высокой вершины.

* * *

В данном случае вся загвоздка заключалась в том, что…



…при делении атомной массы элемента висмута, равной 209, на 4 в остатке остается 1.

Ох, и хлебнули горя с этой единицей! Ученые ничего не имели бы против, если бы в результате указанной математической манипуляции в остатке было 2. 3 их тоже устроило бы. Они возликовали, если бы величина атомной массы висмута делилась на 4 без остатка. Но единица, проклятая единица, сколько крови попортила она физикам и химикам!

Конечно, необходимо пояснить, зачем понадобилась вся эта арифметика и о чем она говорила ученым.

Если вопросы, которые стоят сегодня перед исследователями Луны и планет Солнечной системы, расставить, так сказать, по ранжиру — по степени их актуальности, — то первым, вне сомнений, будет… нет, отнюдь не пресловутый «Есть ли жизнь на Марсе?». Сегодня, к сожалению, конечно к сожалению, стало очевидным, что ни на Марсе, ни на Венере и тем более на других планетах Солнечной системы жизнь даже в простейших формах не существует.

Самая главная проблема, которая нынче стоит перед космохимиками (появилась уже такая специальность!), — химический состав далеких миров. Чтобы получить ответ на этот вопрос, и посылаются космические автоматы на Луну, Венеру и Марс, ради этого экспедиции, высаживаясь на Луну, прежде всего приступали к сбору образцов лунных пород.

Нет, новых химических элементов в этих образцах не нашли, да и не предполагали отыскать. Но вот атомной массой элементов, входящих в состав лунных, венерианских и

марсианских пород, интересовались, и весьма сильно. И уж совсем жгучий интерес вызывала атомная масса тяжелых элементов: таллия, свинца, висмута — последних устойчивых элементов из числа тех, что замыкают Менделеевскую таблицу. За висмутом следуют элементы, которые не имеют ни одного стабильного изотопа, а распадаются с большей или меньшей скоростью.

Радиоактивные элементы, замыкающие Периодическую систему, испускают три вида радиоактивных лучей: альфа, бета и гамма. Альфа-частицы — это ядра атомов гелия, бета-частицы — электроны, гамма-лучи — излучение, подобное рентгеновому, только с иной длиной волны. Впрочем, я начинаю пересказывать школьный учебник физики, где об этом написано подробнее и обстоятельнее.

Очевидно, что при радиоактивном распаде масса ядра изменяется лишь в случае выбрасывания альфа-частиц; бета-частица обладает такой ничтожной массой, что уход ее из ядра практически не сказывается на его массе. Вот почему если при радиоактивном распаде изменяется масса ядра, то всегда на одну и ту же величину: 4 единицы атомной массы — именно такова масса альфа-частицы, выраженная в атомных единицах.

Теперь понятно, что если какой-то радиоактивный изотоп имеет атомную массу, которая без остатка делится на 4, то и все продукты его распада также будут без остатка делиться на 4. Если же изотоп при делении на 4 дает в остатке, скажем, 3, то эта тройка неизбежно будет «сидеть» в остатке при делении на 4 атомной массы всех продуктов радиоактивного распада этого элемента.

Вот вам и отличительная классификация радиоактивных элементов: элементы, которые делятся на 4 без остатка, которые при делении на 4 дают в остатке 1, 2 и, наконец, 3. Всего четыре семейства.

Раз классификация создана, надо все разложить по полочкам. Вот полочка «безостаточных» радиоактивных элементов. Здесь расположились торий-232, радий-228 и другие. На полочке «остаток 3» устроились актиний-227, радий-223. На полочке «остаток 2» скопились торий-230, уран-238, радий-226, полоний-210 — словом, много, очень много изотопов. На полочке «остаток 1»… ни одного. Ни одного!

Ну что ж, нет так нет. Почему-то природе не захотелось создавать радиоактивные изотопы с таким атомным весом, который при делении на 4 дает в остатке единицу. Ей, природе, виднее. Наверное, есть какая-то причина.

— Стойте!.. — встрепенулся кто-то из физиков (а может, и

химиков). — А как же висмут-209?

— И впрямь, а как же висмут? — удивились остальные.

Удивляться здесь было чему. Висмут стоит в конце Периодической системы. И ни у кого никогда не возникало сомнений, что этот элемент так же, как и его сосед свинец, образовался из более тяжелых радиоактивных элементов.

А раз так, то где же тогда предки висмута-209? Где те неизвестные элементы, которые при делении на 4 давали в остатке единицу? Ведь не возник же висмут-209 из ничего?

Видите, какой шквал вопросов. И все из-за какой-то единицы, да еще в остатке.

Ответ на все эти вопросы был один:

— По всей видимости, предок висмута-209 существовал, но успел уже распасться.

— Кто же мог быть этим предком?

И начался поиск висмутовых пращуров. Отыскать предков 83-го элемента оказалось делом несложным. Впрочем, последний эпитет требует пояснений.

Если бы проблема поиска предков висмута возникла несколькими десятилетиями ранее, то, занимайся ею даже тысяча ученых, все равно у них ничего не получилось бы. А все потому, что основателем рода, в потомки которого вошел висмут, оказался 93-й элемент, нептуний, тот самый нептуний, полученный физиками искусственно — с помощью ядерных реакций.

Когда были синтезированы различные изотопы нептуния (как спокойно ставим мы сегодня рядом эти два слова «синтез» и «элемент» («изотоп»); а ведь еще несколько десятилетий назад это сочетание звучало ничуть не менее романтично, чем сегодня «Полет на Марс»), выяснилось, что самый долгоживущий изотоп этого элемента, нептуний-237, имеет период полураспада 150 тысяч лет — срок, быть может, почтенный для истории человечества, но для истории Земли — миг, не более. А 237, заметим, как раз число, которое при делении на 4 дает в остатке долгожданную единицу.

Далее все было просто. Узнав об основателе рода, специалисты быстро отыскали промежуточных между нептунием и висмутом родственников, кстати, давно и хорошо известные им радиоактивные изотопы, самый долгоживущий из которых имеет период полураспада всего 7500 лет, то есть он вовсе не мог сохраниться в древних горных породах и минералах.

Что ни говорите, а интересно — по величине атомной массы столь обыденного (для химиков, разумеется) висмута ученые с бесспорностью устанавливают, что в отдаленные геологические

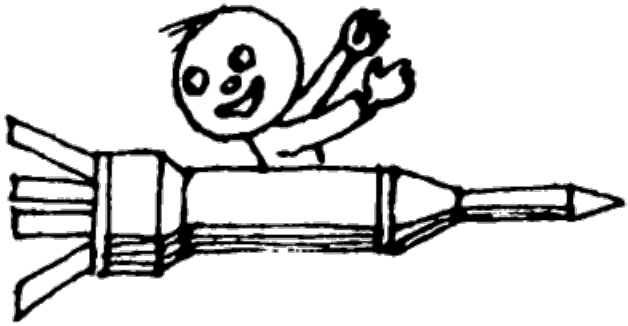
эпохи перечень естественных элементов Периодической системы завершался не № 92 — ураном, а, по крайней мере, № 93 — нептунием. Таким образом, число химических элементов на планете может быть мерой ее возраста. Как видим, природа сама придумала для себя своеобразный интересный календарь, о котором мы еще будем говорить в последующих главах.

А сейчас еще раз подивимся мудрости природы, которая существует в движении, беспрерывном движении, изменении и развитии материи в любой ее форме.

* * *

Как раз в те мартовские дни 1982 года, когда я просматривал рукопись этой книги перед отправкой в издательство, весь мир был взбудоражен известиями о столь блистательно удавшихся мягких посадках на поверхность нашей соседки по Солнечной системе автоматических станций «Венера-13» и «Венера-14». Автоматические станции сняли цветные панорамы венерианских ландшафтов, а, главное, произвели химический и изотопный анализ компонентов почвы и атмосферы. Больше всего исследователей интересовало содержание и изотопный состав инертных газов, из которых важнейшим для них был, разумеется, аргон. Ответ на этот вопрос мог бы многое прояснить в загадке происхождения планет вообще и Венеры в частности. Так вот, оказалось, что, вопреки земной модели, аргон на Венере в основном состоит не из изотопа-40, а из более легких изотопов. И следовательно, венерианский аргон произошел не из калия.

Ученый, комментировавший этот факт в телевизионной программе «Время», выглядел несколько недоумевавшим, чтобы не сказать растерянным. Похоже, что аргон не оставил давнюю привычку удивлять и озадачивать ученый мир…



Глава II
Часы с заводом на 100 миллиардов лет

В этой книге, посвященной радиоактивности, речь пойдет, конечно, не о радиоизотопных часах — не об устройствах, черпающих энергию для движения часовой и минутной стрелок из энергии радиоактивного распада, а о том, как с помощью радиоактивности ученые сумели восстановить события прошлого, иногда недавнего, иногда очень далекого…

* * *

История, с которой начинается эта глава, в свое время была сенсационно известной. Она отмечена многими особенностями, отличающими ее от происшествий подобного рода. Начавшись как детектив высокого накала, она затем быстро сошла со страниц газет и экранов телевидения. Для того же чтобы узнать, чем она завершилась, мне пришлось покопаться в годовых подшивках научных, именно научных, журналов.

В протокольном изложении история выглядит так:

В августе 1957 года чета Ионссонов продала свой дом на окраине Акранеса вместе с прилегающим к нему наделом сыну пастора, молодому Ауздеерсону. Продажу дома старики Ионссоны задумали задолго до описываемых событий: вот уже год, а то и больше, Ионссоны охотно рассказывали каждому, кто

соглашался их послушать, что им уже трудно самим обрабатывать землю. Вот и решили Ионссоны скоротать остаток дней в Рейкьявике возле сына и внуков.

В конце августа Ионссоны, увязав нехитрый скарб, уехали в Рейкьявик, где их спустя две недели без труда разыскал полицейский комиссар и, предъявив обвинение в преднамеренном убийстве, отвез в комиссариат и заточил стариков — поодиночке! — в тюремные камеры.

Для столь суровой меры у комиссара основания в общем-то были. После отъезда Ионссонов из Акранеса новый владелец надела решил расширить домик, поскольку в ближайшее время ждал увеличения семьи по меньшей мере на одного члена. Выбрав место для пристройки, он начал долбить мерзлый грунт, чтобы соорудить яму для фундамента, и очень скоро наткнулся на мертвое тело, закопанное примерно метрах в пяти от старого фундамента.

Неизвестный был зверски убит — его горло было располосовано буквально до шейных позвонков — и спрятан в высшей степени тщательно: над зловещей могилой, как клятвенно утверждал пасторов сын, нельзя было обнаружить даже следов захоронения. Впоследствии экспертиза подтвердила, что злоумышленники сумели каким-то неизвестным криминалистике образом так утрамбовать почву, что о недавнем злодеянии нельзя было и подумать.

Преступление было совершено недавно: тело сохранилось очень хорошо; в полуоткрытых глазах убитого можно было даже уловить выражение тяжелого ужаса. Судебные эксперты подтвердили, что убийство произошло за несколько дней, от силы за пару недель, до отъезда четы Ионссонов в Рейкьявик. Так, впервые представителями власти были сведены вместе — факт убийства и имя Ионссонов.

На допросах Ионссоны проявили упорство, которое поначалу было трудно ожидать от немощных стариков. На вопросы, каким образом на их подворье очутился закопанный мертвец, старик презрительно плевал на выскобленный цементный пол комиссариата, фру же только отворачивалась от комиссара и безучастно глядела в окно на тусклое исландское небо. Когда же фру Ионссон показали сделанную крупным планом фотографию убитого, она тут же упала в обморок, настолько глубокий, что врачи провозились с ней часа четыре.

Но ведь не знать, что делается у них в усадьбе, старики, никогда не отлучавшиеся с подворья, не могли!

Между тем в деле было столько неясного, что у бедняги

инспектора пухла голова. Неясно было, как тщедушные Ионссоны могли справиться с крепышом, каким, судя по всему, был убитый; возможность привлечения соучастника категорически отрицалась соседями, у которых жизнь Ионссонов была на виду. Неясно было, как сумели старики так ловко и, главное, так умело спрятать тело. Неясно было, почему, несмотря на тщательнейший осмотр, ни в доме, ни в подворье нельзя было обнаружить никаких улик.

По настоянию корреспондентов газет и телевидения, нахлынувших в тихий Рейкьявик из Дании, Норвегии и даже из Франции, комиссар вынужден был разрешить пресс-конференцию. Стариков на протяжении часа закидывали вопросами: кто же все-таки резал незнакомца — господин или фру Ионссон или, быть может, как всегда в их жизни, они действовали рука об руку? Сколько крови вылилось из ужасной раны на горле убитого? Куда дели Ионссоны землю после того, как закопали несчастного?

Старики молчали, глядя на всех с выражением раздражающего безразличия.

Скоро на дело Ионссонов стали накручиваться новые загадки. Во-первых, никак не могли прийти к соглашению судебно-медицинские эксперты: суд не смог бы вынести аргументированное решение, располагая заключениями экспертов, одни из которых утверждали, что убийство произошло дня за два до захоронения, а другие склонялись к двум… месяцам. Между тем на теле убитого были признаки, которые одинаково работали на обе версии.

Затем комиссар получил письмо от известного археолога Гуннара Аурланда, который писал, что, внимательно рассмотрев в газетах фотографии убитого, пришел к бесспорному выводу, что надетое на нем платье относится по покрою к XIV веку и, скорее всего, украдено из исторического музея. Дирекция музея через газету категорически опровергла не только факт кражи, но и отвергла самое предположение о ее возможности.

Тогда, похоже падкий на саморекламу Сандерссон, другой археолог, в беседе с корреспондентом «Рейкьявик-ранк» предлагает новую версию. Скорее всего, уверенно заявил он, старики Ионссоны вместе с убитым организовали предприятие по фальсификации старинных одежд с тем, чтобы выгодно сбывать их местным и заокеанским любителям старины. Судя по одеяниям, которые зачем-то напялил перед смертью их сообщник, поднаторели они в этом деле здорово. Ну, а затем, известное дело, чего-то там не поделили и…

Когда инспектор вызвал старого Ионссона из одиночки и пересказал ему эту хитроумную версию, зорко следя за выражением лица хладнокровного преступника, старик

заскорузлым пальцем обидно громко постучал по голому инспекторову черепу и, не вымолвив ни слова, побрел в камеру.

Следствие прочно зашло в тупик. С одной стороны, бесчеловечно убитый незнакомец, квалифицированно зарытый на бывшей усадьбе Ионссонов. С другой — полное отсутствие мотивов преступления и полная неясность относительно личности убитого, хотя за эти недели полиция перешерстила едва ли не каждого из 116 тысяч исландских жителей. Тупик…

* * *

Автор был бы невысокого мнения о сообразительности своих читателей, а сам проявил бы высшую степень наивности, если бы полагал, что читатели давно не смекнули, в чем здесь дело. Разумеется, старики Ионссоны к убийству не имеют ни малейшего отношения. А поскольку при описании обстоятельств «преступления» настойчиво, даже назойливо, подчеркивается, что убитый был облачен в одежды XIV века, то скорее всего он в том далеком веке и был убит, а тело его каким-то образом сохранилось.

Что ж, может быть, читатели и правы. Но почему об этой детективной истории рассказывается в книге, посвященной радиоактивности?

* * *

Часто сам изобретатель не способен предугадать, какое применение найдет его открытие.

Эдисон считал, что фонограф станет отличным прибором для документальной записи последней воли умирающего. Дескать, неутешные внуки смогут представить нотариусу валик с записью невнятного шепота дедушки, а затем уже с чистой совестью вступить во владение наследством.

Попов, сконструировав первый радиоприемник, предположил, что это будет отличная штука для предсказания погоды: прибор улавливал грозовые разряды на большом расстоянии.

Паркеч, отыскав способ приготовления целлулоида, этой

первой, и надо сказать, прекрасной пластмассы, очень обрадовался и запатентовал свое открытие как материал для изготовления бильярдных шаров.

Либби изучал распределение на поверхности Земли радиоактивного изотопа углерода и вообще не предполагал, что это исследование найдет хоть какое-нибудь практическое применение. По крайней мере, в ближайшие тысячи лет.

Исследования Либби нашли применение в «ближайшие» семь лет. Но, пожалуй, обо всем этом следует рассказать по порядку.

Со всех сторон на Землю льется непрерывный поток космического излучения. Все живое на планете надежно защищено от губительного действия космических лучей толщей атмосферы. Космические лучи, сталкиваясь с атомами газов, входящих в состав атмосферы, поглощаются ими. До поверхности земли доходит лишь ничтожная часть излучения Вселенной, к тому же настолько ослабевшая от продирания через несколько десятков километров атмосферы, что ни человеку, ни иным живым существам никакого вреда этим излучением причинено быть не может.

(Можно, впрочем, дать радиационной «устойчивости» живого вещества и иное объяснение: жизнь на Земле возникла и развивалась на радиоактивном фоне, и поэтому установившийся уровень излучения является для всего живого на планете нормой, и мы, естественно, называем этот радиоактивный фон незначительным.)

Теперь попробуем «проникнуть в слов внутреннюю сущность». Космические лучи поглощаются молекулами газов, входящих в состав атмосферы, — так было сказано несколькими строками ранее. А что означает слово «поглощается»? Бессмысленно в данном случае обращаться, как это часто и правильно делают, к «Толковому словарю русского языка». Там мы найдем только, так сказать, физиологически-гастрономическое значение этого слова. А между тем, поглощать можно не только пироги.

Когда нашим телом «поглощаются» солнечные лучи, мы ощущаем вполне четкое физическое следствие — нагревание; нетрудно усмотреть и следствие химическое — загар.

Когда чувствительным слоем фотопленки поглощаются рентгеновы лучи, наступает распад молекул серебра и возникает изображение, «нарисованное» атомами металлического серебра.

Когда атмосферой поглощаются космические лучи, протекают ядерные реакции.

Космические лучи, сталкиваясь с атомами газов верхних слоев атмосферы, производят такое разрушительное действие,

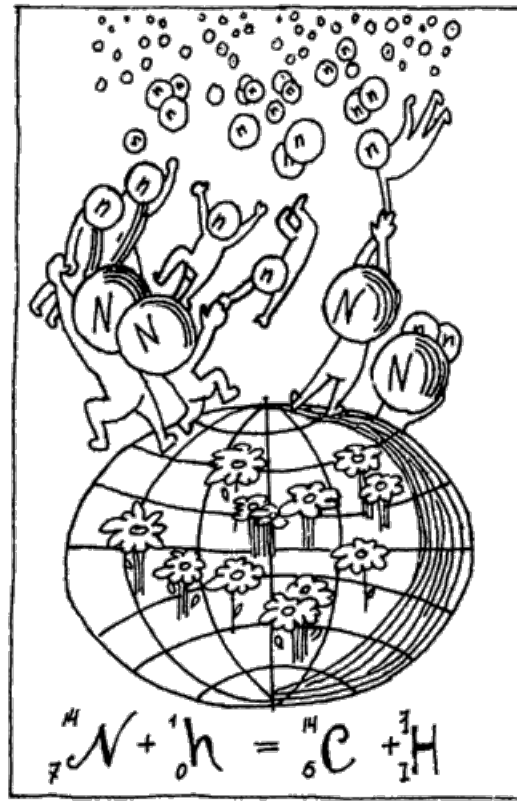
что из атомных ядер вылетают нейтроны. А где имеются свободные нейтроны, эти идеальные снаряды для атомной бомбардировки, там возникают ядерные реакции.

Заинтересуемся одной из них — захватом свободных нейтронов ядрами атомов азота. Сама реакция несложна:

$$H^{14}{}_{7}N + {}^{1}{}_{0}n = {}^{14}{}_{6}C + {}^{1}{}_{1}H$$

Нижние индексы — это порядковые номера химических элементов, или, говоря точнее, заряд ядра. Вот почему индекс при нейтроне — нуль. Именно нулю равен заряд нейтрона — нейтральной, незаряженной частицы. Как видим, сумма порядковых номеров частиц, вступающих в реакцию (7 + 0), равна сумме порядковых номеров продуктов этой реакции (6 + 1).

Верхние индексы — атомные массы участников ядерной реакции. И здесь, разумеется, сумма атомных масс атомов, вступивших в реакцию, строго равна сумме атомных масс продуктов реакции. Обращаю внимание на то, что углерод имеет не привычную для каждого, знакомого с азами химии, атомную массу 12, а 14. Таким образом, при этой ядерной реакции образуется тяжелый изотоп углерода. И все дело в том, что этот изотоп, углерод-14, радиоактивен. Он распадается, выбрасывая из ядра одну бета-частицу, и превращается при этом в азот. Период полураспада углерода-14 составляет 5570 лет. Запомните эту величину. Если не точно, то хотя бы приблизительно. Очень скоро она нам понадобится.



Установить факт образования в атмосфере радиоактивного изотопа углерода было делом физики. Для ответа на вопрос, что же происходит с этим углеродом дальше, следует обратиться к химикам.

Химия дает на этот вопрос быстрый и уверенный ответ. Образовавшийся из азота углерод-14 тотчас же соединяется с кислородом воздуха, образуя углекислый газ. Вот почему некоторая часть углекислого газа атмосферы радиоактивна. «Некоторая часть»? А какая именно?

Здесь вмешиваются геофизики. Они поясняют, что, судя по всему, интенсивность космического излучения не изменялась последние несколько миллионов лет. Поэтому можно быть уверенным, что за единицу времени — скажем, за год или десять лет, кому как удобнее считать, — в атмосфере образуется строго постоянное количество углерода-14. Ну, а поскольку величина периода полураспада тоже постоянна, и к тому же невелика сравнительно с геологическими периодами, то очевиден вывод, что содержание углерода-14 в атмосфере не изменяется.

Либби определяет точное содержание радиоактивного углерода в атмосфере. Он конструирует очень сложную установку

для измерения слабой радиоактивности. Одно описание ее занимает 22 страницы убористого шрифта. Затем Либби принимается за измерение радиоактивности углекислого газа, добытого из атмосферы в самых различных областях нашей планеты и на самых разнообразных высотах.

Результаты опытов совпадают. В грамме обычного углерода, выделенного из углекислого газа, содержится такое количество углерода-14, которое дает за минуту 16 распадающихся атомов. Запомним и эту величину.

Для интересующихся замечу, что такое количество распадов указывает на ничтожно малое в весовом выражении содержание углерода-14 в обычном углероде, имеющем атомную массу 12. На грамм углерода-12 приходится одна десятимиллиардная доля грамма (10^{-10} грамма) углерода-14.

Интересно, а попадает ли радиоактивный углерод на поверхность Земли? Ответ на этот вопрос приходится искать у биологов.

Биологи отвечают определенно: да, попадает. Как же может быть иначе? Растения поглощают углекислый газ. Углекислый газ превращается хлорофиллом растений в сложные химические соединения. Эти соединения откладываются в клетках. Вот почему в тканях растений находится радиоактивный углерод.

Но растения не только поглощают углекислый газ, они его также выдыхают. Поэтому, вдыхая и выдыхая углекислый газ, растения постепенно приобретают такое же относительное содержание углерода-14, каким характеризуется углекислый газ атмосферы. Иными словами: если выделить из любого растения — безразлично, из придорожного лопуха или из гигантской секвойи — грамм углерода, то окажется, что в этом грамме каждую минуту будет распадаться 16 атомов углерода-14.

Но в растениях не завершаются странствования углерода-14 по планете. Ему еще предстоит принять участие в следующем этапе путешествия, которое мы условно назовем «трава — овца — волк».

Овца, поедая траву на лужайке, с каждым граммом обычного углерода усваивает 10^{-10} граммов углерода-14. Так как овца ест много травы, причем делает это каждый день, то постепенно все клетки ее организма приобретают такое же относительное содержание углерода-14, как и атмосфера или растения.

Но в какую-то роковую ночь приходит беда: пробравшийся в овчарню голодный волк кладет конец жизненному пути бедной овцы.

Конечно же, одной овцой серый не удовлетворится. Спустя несколько дней он разыщет очередную жертву. Словом, волк

нахватается радиоактивного углерода в достаточном количестве, чтобы его клетки также приобрели равновесное содержание этого изотопа.

Надеюсь, нет нужды пояснять, что ничего не изменилось бы, если бы я вместо цепочки со звеньями «трава — овца — волк» описал цепочку «капуста — коза — тигр», или «морковка — заяц — лиса», или «кукуруза — корова — человек». Важно другое: все живое на нашей планете, вся фауна и флора, содержит радиоактивный углерод. Причем в строго постоянном отношении к обычному углероду-12: в грамме углерода, выделенного из любого биологического объекта, будет происходить в минуту 16 распадов углерода-14[4].

Это если организм живет. А если он погиб? Вот, скажем, нашего волка настигло возмездие. Удачливый охотник всадил серому пулю в бок. Подпрыгнул хищник, перекувырнулся через голову и испустил дух. Не рыскать теперь серому по деревням, не резать бедных овечек. Прекратилось поступление в организм хищника органических веществ, содержащих радиоактивный углерод.

И вот с этого момента содержание углерода-14 в мертвом организме начинает уменьшаться: пусть медленно, почти наполовину за шесть тысячелетий, но углерод-14 неотвратимо распадается.

Если спустя 5570 лет кто-нибудь доберется до костей волка и вздумает определить, сколько радиоактивного углерода содержится в них, то обнаружит, что грамм углерода, выделенного из костей, будет давать уже не 16 распадов в минуту, а только 8. На грамм углерода-12 приходится, таким образом, уже не 10^{-10} граммов углерода-14, а вдвое меньше.

Все, что шутки ради было пояснено на примере волка, относится к любому животному или растительному организму. Пока организм живет, он участвует в постоянном обмене радиоактивным углеродом с другими животными или растениями, с углекислым газом воздуха. Но после гибели организма относительное содержание радиоуглерода в тканях начинает непрерывно уменьшаться.

Все, о чем только что рассказывалось, есть по сути физическое обоснование идеи радиоуглеродных часов. Действительно, определив количество радиоуглерода в остатках животного или растения, можно установить, когда этот организм прекратил свое существование. Последняя фраза звучит хотя и точно, но в общем-то довольно казенно. Попробуем поэтому наполнить ее живым содержанием.

* * *

Радиоуглеродные часы. Заводит их сама природа, следит за медленным движением стрелок человек. Но чтобы научиться читать часы природы, человек должен был вооружиться новейшими достижениями физики, химии, биологии и многих других наук, которые замысловато сплелись здесь в проблеме радиоуглеродных часов.

* * *

Вернемся к временно покинутой нами чете стариков Ионссонов, которые все еще сидят в городской тюрьме Рейкьявика, не в силах не только опровергнуть свалившееся на них чудовищное обвинение, но и уразуметь его.

Странные одежды на убитом привлекли внимание еще многих ученых, и вскоре видный датский биолог Тольдсон направляет правительству Исландии открытое письмо, в котором пишет, что убитый отошел в лучший мир наверняка за много веков до того, как Ионссоны надумали менять местожительство. Случаи же, когда похороненные в северных широтах мумифицируются гуминовыми кислотами болотисто-торфяных почв, не столь уж редки. Более того, он, Тольдсон, может указать метод, с помощью которого следствие должно выйти из тупика. Если ему будет представлено немного «биологического материала», то он переправит его в Париж, где в институте Кюри действует установка для радиоуглеродного анализа.

Комиссар не очень уразумел, при чем здесь какой-то радиоуглеродный анализ, но распорядился выдать уважаемому профессору требуемый «материал». Спустя три недели из Парижа прибыло письмо, прочитав которое комиссар велел немедленно освободить Ионссонов.

В экспертизе института Кюри было сказано, что присланный биологический материал по содержанию углерода-14 относится к 1360 году (с погрешностью 35 лет в ту или иную сторону). Даже с учетом погрешности непричастность Ионссонов к убийству была очевидной.

Остается добавить, что газеты не посчитали нужным и в двух

строках сообщить о завершении исследования: история с Ионссонами ушла в прошлое и появились новые сенсации и новые герои газетных полос.

* * *

Быть может, самой отличительной особенностью современной науки является интеграция, объединение самых разнообразных ее областей. Достижения одной отрасли естествознания очень быстро становятся достижениями другой, на первый взгляд, не связанной с нею. И не только естествознания. Так, радиоуглеродные часы немедленно взяла на вооружение археология.

* * *

Итак, археологи. Что общего может иметь химик с этими одержимыми, роющимися в тысячелетней пыли под палящим солнцем. Разделять с ними радость по поводу найденного черепка? Хмурить лоб, размышляя над тайнами происхождения развалин, от которых только и осталось, что три выщербленных камня? Гадать, в каком веке была отчеканена эта монета?

Но плох тот естествоиспытатель, который неуважительно думает о представителях пусть неточной, но науки. Науки! А потом — почему не точной? Сегодня, когда даже поэзию поверяют кибернетикой, почему бы археологии не стать точной наукой? Для этого археологии нужно немного: строгий научный метод определения возраста (датировки) находимых при раскопках предметов. Так чем же плохи радиоуглеродные часы?!

Вот находят при раскопках кусочек обуглившегося дерева. Стоит определить его радиоактивность — и можно узнать, когда это дерево было срублено.

Выкопаны из древнего могильника человеческие кости. Надо из кусочка кости выделить незначительное количество углерода, и его радиоактивность скажет точно и определенно, когда умер обладатель этого скелета.

Найдены в пещере веревочные сандалии. Теперь археологам не надо спорить о том, когда были сработаны эти сандалии. Археологи обращаются к химикам. И те, определив углеродную радиоактивность волокон, говорят: третье столетие нашей эры.

Сегодня археологические находки, возраст которых точно установлен по радиоуглероду, не перечислить даже в объемистой книге. Их много, этих окаменевших кусочков дерева, обугленных зерен пшеницы, раковин улиток, костей скелетов человека и животных, веревок и тканей. И именно этим, точно фиксированным по возрасту находкам обязана археология своим вторым рождением.

Можно много рассказывать о замечательных открытиях, которые радиоуглеродный метод принес археологии, но… книга наша о радиоактивности.

Впрочем, об одной археологической находке все-таки умолчать не могу, уж слишком она интересна.

После того, как была открыта гробница фараона Тутанхамона, никакими находками в Египте археологов уже

поразить было невозможно.

Что могло перевесить чашу весов, на которой лежали сотни золотых украшений из погребальницы самого молодого из египетских фараонов? Перевесили эту чашу несколько кусочков дерева, которые археологи нашли спустя 15 лет после того, как была раскопана пирамида Тутанхамона, при раскопке другого захоронения.

…Когда подняли плиту, полковник Грегг, руководитель раскопок, осторожно опустил в провал, который эта плита закрывала, электрический фонарь. Несколько мгновений он молча осматривал помещение.

— Ну, что там, мосье колонель, что же? — не в силах сдержать свое любопытство, завопил француз Шутье, ученый секретарь экспедиции.

Полковник поднял покрасневшее от прилива крови лицо, крепко зажмурил глаза, потряс головой и сказал кратко и убежденно:

— Не может быть!..

Шутье выхватил из рук полковника фонарь и кинулся к провалу. Заглянув в черное отверстие, мосье Шутье, несмотря на почтенный возраст и обилие присвоенных ему важных титулов, издал торжествующий вопль дикаря.

Полагаю, что ни один археолог на месте Шутье не вел бы себя более солидно. Еще бы! Посредине большого помещения, устланного каменными плитами, стоял египетский корабль. Один из тех кораблей, изображения которых в изобилии находили на пирамидах и памятных колоннах.

При раскопках в Египте находили многое: драгоценности и папирусы, гребни и броши, долговые расписки и счета, серпы и мотыги, глиняные чаши и обуглившиеся зерна. Но никогда не находили ничего из того, что могло бы свидетельствовать о мореходном искусстве египтян или хотя бы об их умении плавать по Нилу.

А между тем доказать, что изображения кораблей и лодок на пирамидах и храмах сделаны с натуры, было очень важно. Это позволило бы окончательно установить, что египтянам было известно искусство мореплавания, что, в свою очередь, дало бы возможность понять культурные связи Египта с другими странами.

И вот перед исследователями египетский корабль — погребальная ладья фараона. На ней мумию фараона везли по Нилу к месту погребения.

Погребальную ладью сфотографировали в различных ракурсах и торжественно увезли в Национальный музей истории

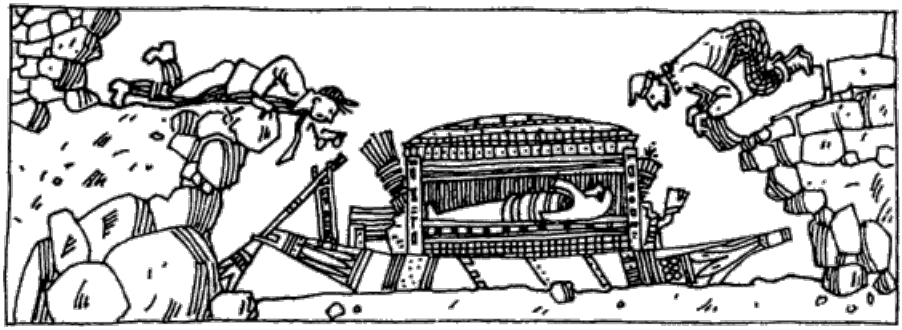
Египта, предварительно, конечно, законсервировав специальными составами, потому что дерево на воздухе могло рассыпаться в порошок.

Но кусочек ладьи, совсем маленькую дощечку, полковник Грегг захватил с собой и привез в Чикаго. Это было не совсем законно. Но именно эта невинная «контрабанда» установила мир в клане египтологов. А примириться им было необходимо.

Находка в гробнице фараона с новой силой всколыхнула споры о датировке различных событий из истории Древнего Египта и, в частности, точном времени царствования фараона Сезостриса III.

Причины для споров были. Посудите сами. Один египтолог утверждает, что Сезострис III правил 2500 лет до нашей эры. Другой убежденно называет срок 5000 лет назад. Третий, посмеиваясь над двумя предыдущими, замечает, что споры здесь излишни: каждому очевидно, что Сезострис III правил 4250 лет назад. А четвертый и вовсе молчит: чего ему разговаривать с этими чудаками, которые не хотят признать тот несомненный факт, что Сезострис III умер незадолго до начала нашей эры.

В 1950 году полковник Грегг передал физикам кусочек дерева фараоновой ладьи весом 10 граммов. Спустя четыре дня был получен ответ. Возраст дерева 3600 лет с возможной ошибкой около 200 лет в ту или иную сторону. Так показали измерения радиоактивности углерода.



Это решило все. В клане египтологов воцарился мир. А в истории Древнего Египта появилась первая с несомненностью установленная дата. Впоследствии с помощью радиоуглерода установят немало дат не только в истории Египта, но и Ассирии, Ирана, Мексики.

Но к погребальной ладье фараона Сезостриса III у археологов и физиков отношение особое. И понятно почему.

* * *

Сегодня радиоуглерод служит не только археологии. Много и полезно работает он в геологии, металлургии, физике, химии, биологии… Но пора, пусть и от очень интересных проблем, связанных с углеродом-14, переходить к другим. Впрочем, устроим себе «переменку» и завершим рассказ о радиоуглероде веселой ноткой — историей, приключившейся в одном научно-исследовательском институте, и свидетелем которой был автор этой книги.

* * *

Склонный к литературным ассоциациям, заведующий лабораторией называл младшего научного сотрудника Диму Угличева гибридом Обломова с Дон Жуаном. Сравнение Диме очень льстило.

В среду шеф, ласково улыбаясь, давал Диме задание:

— Дмитрий Борисович, голубчик, надо раздобыть образцы современной флоры. А проще говоря, поезжайте за город и нарвите там травы и прочей растительности — нужно для точки отсчета измерить уровень радиоактивности в современных растениях.

Когда Диме давали какое-либо поручение, помещичья часть его натуры решительно подавляла испанского гидальго. Но шеф величал Диму по имени-отчеству, да еще присовокупил «голубчика». По лабораторным канонам это означало, что поручение следовало выполнять без проволочки. Поэтому Дима тут же записал в журнал отлучек: «Угличев — экспедиция в Измайлово для сбора опытного материала. Контрольный срок возвращения 15.00». Записано было, конечно, не по форме. Но начальство в журнал все равно не заглядывало, а при случае, показав журнал Лидочке, лаборантке из соседней лаборатории, можно было блеснуть своим тонким юмором.

Ждать этого случая долго не пришлось. Как только Дима, накинув плащ, выскочил в коридор, он столкнулся с Лидочкой. Поговорили всего ничего, но когда Дима посмотрел на висевшие над входом часы, то увидел, что до срока возвращения из Измайлова осталось 15 минут, и Дима, заглушив в себе испанца, выскочил на улицу. И тут же, воспользовавшись временной

бездеятельностью гидальго, подал голос Илья Ильич Обломов: оказывается, травяную проблему можно решить здесь, на месте: на газоне, отделявшем институт от широкого и забитого транспортом проспекта, росли и трава, и лопухи в количествах, достаточных для трех НИИ.

В 14.55, за пять минут до обусловленного срока, Дима уже заходил в лабораторию с полной сумкой образцов.

Спустя два дня Дима, придя на работу, застал в лаборатории обстановку легкого производственного скандала.

Ответственный за радиоизмерения Иван Жанович, красный и растрепанный, то и дело погружался по пояс в разобранную установку. А шеф сидел тусклый, уставившись в портрет Амедео Авогадро[5], и нудно барабанил пальцами по пустой колбе.

Оказывается, забарахлила установка для измерения радиоуглерода. Это означало, что вся лаборатория — и готовящие образцы кокетливые лаборантки, и превращающий образцы в углекислый газ студент-заочник Дима-маленький, и вводящий этот газ в установку инженер Коль Колич, и проводящая измерения Варвара Николаевна — будут находиться в творческом простое, ожидая, когда Иван Жанович заставит установку работать.

Когда утром в установку ввели образцы углекислоты, полученной из принесенной Димой травы, прибор молчал. Точнее, прибор кое-что показывал. Но если поверить установке, следовало признать, что лопухи Дима сорвал не позавчера, а где-то в мезозое, причем не ближнем, а дальнем: углекислый газ, по показаниям приборов, практически не содержал радиоуглерода.

Замер показал, что трава была сорвана Димой даже не в мезозое, а палеозое. Шеф потерял чувство юмора. Мастер взмолился и попросил не пощады — какая тут пощада! — а всего лишь разрешения измерить активность эталона.

Как только эталон был введен в машину, та замигала лучезарно и деловито. Конечно, кто-то в чем-то когда-то напутал, и в прибор запустили что угодно, но только не углекислоту, полученную сжиганием собранных Димой образцов. Ну, это проверить нетрудно. Надо приготовить новый образец газа: сжечь траву — дело получаса. И тут выяснилось, что вся трава уже израсходована.

От досады шеф даже закаменел:

— Ну конечно, съездить за травой — не меньше четырех часов займет.

— Зачем четыре часа?! — зазвенел торжеством Димин голос. — А пять минут не хотите?

— Шутка? — вяло осведомился шеф.

— Да нет же! — полыхал энтузиазмом Дима, — я вам этой травы сейчас нарву столько, что не только на замер углерода — на стадо хватит!

— Это ссследует, Дмитрий Борисович, понимать в том ссмысссле, — сказал шеф свистящим шепотом, — в том ссмысссле, что вы ссорвали траву здесь, рядом с институтом?!

— Именно здесь! — гордо подтвердил Дима, не разобрав грозной шефовой интонации. — Произвел, так сказать, косметический покос газона!

Дальше уже был не диалог, а сплошной монолог: говорил один шеф, говорил горячо и много. Речь его приводить вряд ли стоит. Быть может, имеет смысл изложить кратко, конечно, то,

что назавтра Дима рассказывал Лидочке.

— Так вот, сидит шеф, взялся, бедняга, за голову и говорит: «Что делать будем, товарищи? Почему же наша трава не считает, как нужно?» Я и говорю шефу: «Надо, дескать, повторить измерение». «Правильно! — радуется шеф и просит: — Глубокоуважаемый Дмитрий Борисович, мне очень неудобно, вы уж извините меня, но соберите, пожалуйста, травку, да, да, здесь у института, зачем же тащиться далеко». «Ха-ха, — говорю я шефу, — ха-ха, не смешно. От кого угодно ждал я этого, но не от вас, шеф». Ох и растерялся же он! И говорит так жалобно: «А почему же нельзя здесь, у института, собрать траву?» — «Эх, шеф, шеф, кто же не знает, что эта трава для измерений не годится. Ведь здесь воздух насыщен углекислотой, образовавшейся от сгорания бензина. А бензин-то добыт из нефти, возраст которой не день и не два, а сотня-другая миллионов лет. Какой же там может быть радиоуглерод? Так вот, наша институтская трава поглощает именно этот углекислый газ и, естественно, не содержит радиоуглерода. Поэтому вам и показалось, что эта трава из мезозоя. Нет, шеф, траву для точки отсчета надо брать подальше от города!» — «Спасибо, — говорит тут шеф, — спасибо, Дмитрий Борисович. Не зря, видать, говорят: век живи, век учись!» — «Учитесь, — говорю, — мне не жалко!».

* * *

Сейчас будет рассказано о радиоактивных часах с заводом, гораздо более продолжительным, чем это позволяет радиоуглерод. И проблема, о которой пойдет речь, куда важнее, чем датировка даже самой интересной археологической находки. Потому что узнать, когда возникла наша планета и ее соседи по Солнечной системе — значит узнать очень многое об окружающем нас мире. А ведь это так важно для формирования научного мировоззрения.

* * *

Первые сведения о времени возникновения Земли содержатся в Ветхом завете. Там сказано, правда, кратко, но зато

категорично, что Земля, как и весь остальной мир, была сотворена за 4004 года до рождества Христова.

Впоследствии архиепископ Иероним лишь самую малость подправил священную книгу. Он каким-то образом вычислил, что торжественный акт сотворения мира произошел не за 4004, а за 3941 год до того, когда в заброшенных яслях появился на свет младенец Иисус.

Епископ антиохийский Феофил не согласился с коллегой Иеронимом. Его преосвященство утверждал, что Земля гораздо старше и сотворена за 5515 лет до того события, в честь которого отмечается праздник рождества.

К дискуссии примкнул Августин Блаженный, который уточнил преподобного Феофила, придя к выводу, что наша планета на 36 лет старше, чем это представляется его оппоненту.

Всех переспорил архиепископ Асшер, который мудро вернулся к дате, указанной Ветхим заветом, внеся, правда, уточнение: Земля была сотворена в 9 часов утра 26 октября 4004 года до рождества Христова. Именно 26 октября и именно в 9 часов утра (вероятно, по Гринвичу?!).

Это сегодня можно позволить себе иронизировать над беспросветным невежеством иных церковных сановников. Попробовал бы кто-нибудь смеяться над ними прежде!

Спор о возникновении Земли — один из самых старых диспутов науки с церковью. Святая церковь могла подчас проявить христианскую терпимость и смирение даже в вопросах о догматах веры. Но в споре о происхождении Земли она была решительно, да что там решительно — воинственно непримирима!

История может припомнить об этом споре многое. И большей частью это будут очень неприятные воспоминания, потому, что и 1500 лет назад, и 400 лет, и даже в прошлом веке верх в споре брала церковь и только церковь. Там, где оказывались слабы схоластические аргументы, там, где не «срабатывали» цитаты из библии, там отлично делали свое дело костер или яд, клевета или нож, пуля или темница.

Святая инквизиция сожгла Джордано Бруно на громадном костре из сырых дров, и пепел этого костра всегда будет жечь сердце каждого честного человека.

Церковь не пожалела сил и вдохновения, чтобы организовать утонченную, поистине иезуитскую травлю Николая Коперника.

А уж над тем, чтобы превратить жизнь Галилео Галилея в сплошной ад, трудилась не одна сотня святых отцов, преуспев в своем деле немало.

Одерживать победы церкви было не так уж трудно. Что могла

противопоставить наука твердолобию священнослужителей? Пусть гениальные, но догадки, только догадки о том, что Земля не может быть центром мироздания? Наблюдения неба с помощью несовершенных тогда приборов?

Лишь в прошлом веке, когда начался бурный расцвет точных наук, когда четко оформилось стремление обосновывать любой вывод математическими расчетами, — только тогда церковь дрогнула. Но о сдаче ею позиций речи быть не могло. Куда там! Разве только еще больше обострились отношения церкви с естествознанием.

Лорд Кельвин, один из самых выдающихся ученых прошлого столетия, был наиболее типичным представителем течения в науке, которое всякую «гармонию поверяет алгеброй». Кельвин считал, и, в общем, не без основания, что нет такого явления в природе, которое не может быть переведено на сухой и предельно точный язык математики.

Во второй половине прошлого века наука располагала уже достаточным количеством сведений об окружающем мире, чтобы Кельвин мог составить уравнения, где величиной «*x*» был обозначен возраст Земли. Нельзя не отметить, что рассуждения Кельвина были последовательны и логичны:

«Когда-то Земля была расплавленным жидким шаром. Постепенно она, отдавая тепло в мировое пространство, застывала. Масса Земли известна. Известны и ее размеры. Физика же позволяет определить, сколько времени потребуется для остывания шара такого размера и такой массы».

Величина «*x*», по вычислениям Кельвина, оказалась равной 24 миллионам лет. Ответ расстроил маститого исследователя. В то время ученые довольно ясно представляли, что возраст нашей планеты должен быть значительно большим. На это указывали данные многих наук и, прежде всего, геологии и палеонтологии.

И вот лорд Кельвин, знаменитый Кельвин, славящийся своим пристрастием к математике, должен был признать, что в этом случае «неточные» геология и палеонтология (которые в то время были еще совсем не точными науками) в чем-то превосходят физику, даже усиленную математикой.

Тогда родилась мысль: не сыграть ли на солености Мирового океана? Ведь геологи хорошо знают, что вода в морях и океанах соленая не от того, что в ней селедки плавают, а потому, что реки, стекая в Мировой океан, увлекают с собой минеральные соли. Что и говорить — подход к расчету неточен, так сказать, уже по идее (соли-то в океан могут приноситься не только реками, а и другими путями, например, из действующих вулканов); неточным получился и ответ: океан образовался где-то

между тремястами миллионами и миллиардом лет назад.

Но это возраст океана. А сколько наша планета существовала до того, как получила голубую мантию? Еще миллиард лет? Или впятеро, вдесятеро больше?

Можно было бы перечислить еще с дюжину попыток определить абсолютный возраст Земли. Но рассказ о каждой из них неизбежно заканчивался бы вопросительным знаком. Ни один из методов не давал хотя бы в малейшей степени достоверных результатов.

А возраст Земли науке надо знать с возможной точностью. Дело не только в том, что эта величина необходима астрономии, геологии, биологии и десятку других наук. Без решения вопроса о возрасте Земли не может быть выработано правильное научное мировоззрение. А тогда ничего нельзя сказать и о времени существования Солнечной системы, а следовательно, и Вселенной. Невозможно ничего предположить и о том, как образовалась Солнечная система. Становится абсолютно непонятной проблема развития звезд и галактик.

Многое, очень многое связано с величиной, которая в уравнении, составленном Кельвином, была обозначена через «*x*» да так иксом и осталась.

* * *

Разные они бывают, «иксы», в науке. Иные можно обойти, взяв в окружение. Рано или поздно такой «икс» прекратит сопротивление и сдастся. Если рано — хорошо, попозже — и тут особой беды нет.

Но есть проблемы, подобные крепостям, стоящим на стратегических дорогах: пока не возьмешь, дальше не двинешься. Проблема возраста Земли — «икс» именно такого сорта. Эту крепость надо было брать. И тут оказалось, что из всего арсенала возможного для этого штурма наиболее действенное вооружение — радиоактивные часы.

* * *

Как только было открыто явление радиоактивности и ученые

справились с первым удивлением (а дивиться, как вы понимаете, было чему), возник вопрос: какие факторы влияют на скорость радиоактивного распада? Чтобы найти ответ на этот вопрос, радиоактивные элементы и их соединения

— нагревали до максимально возможных высоких и охлаждали до минимально возможных низких температур;

— подвергали действию высоких давлений;

— помещали в магнитные и электрические поля высокой и сверхвысокой напряженности;

— выдерживали в темноте и под сильнейшими источниками света.

Кроме того, проверяли, будет ли изменяться скорость радиоактивного распада элемента в зависимости от того, в состав какого химического соединения он входит. Например, радия в азотнокислой и сернокислой солях.

Без-ре-зуль-тат-но. Хотя — почему безрезультатно? Напротив, результат был получен, и очень важный: скорость радиоактивного распада постоянна и не зависит ни от одного из перечисленных и еще от многих не названных здесь внешних факторов[6].

Итак, скорость радиоактивного распада такая же характерная для каждого элемента константа, как его, скажем, температура плавления или атомная масса. Почему бы не использовать это обстоятельство для определения возраста Земли?

Первому пришла эта мысль в голову знаменитому советскому ученому, геологу и химику (точнее, геохимику) академику Вернадскому. И чем больше задумывался Вернадский над этой идеей, тем больше она ему нравилась.

В самом деле. Вот хотя бы элемент уран. Скорость распада его такова, что количество урана в земной коре уменьшается наполовину за 4,5 миллиарда лет. Срок, как видите, почтенный. Такой «завод» часов устраивает геологов — они давно предполагали, что в числе, выражающем возраст нашей планеты, фигурируют миллиарды. Неясно только, сколько должно быть этих миллиардов.

Атом урана, выбрасывая альфа-частицу, превращается в торий, торий — в радий и так далее, до тех пор пока не образуется свинец, который радиоактивностью не обладает.

Скорость распада урана постоянна? Постоянна. Не зависит ни от каких внешних причин? Не зависит. А раз так, то за определенное время (за миллион лет или за 100 миллионов — меньший масштаб времени здесь не уместен) из определенного количества урана должно образоваться совершенно определенное количество свинца. Вот сколько «определенностей»! Не очень красиво с точки зрения изящного стиля, но зато очень ласково

звучит для уха физика или геолога: они так любят определенность!

Известны геологические часы, основанные на определении в породах соотношения калия и аргона. (При чем тут эта пара — калий и аргон — поймет каждый, кто читал предыдущую главу.) Чем древнее порода, тем больше калия-40 в ней распалось и тем больше, следовательно, накопилось аргона.

Хорошо работают и часы, основанные на парах рубидий — стронций и рений — осмий (при радиоактивном распаде рубидия-87 образуется стронций-87, а при распаде рения-187 — осмий-187).

На протяжении десятка-другого лет в лабораториях геохронологов (термин, по-видимому, не нуждающийся в разъяснении) шло накопление экспериментального материала, шли интересные, иногда захватывающе интересные данные.

В геохронологические лаборатории доставлялись образцы из различных районов планеты — горных массивов, глубоких штолен, дна океана. Определение соотношения радиоактивного элемента и продукта его распада позволило узнать, что…

— возраст гранитов может быть самым различным. Встречаются среди гранитов «ясельные» младенцы, насчитывающие каких-нибудь 200 миллионов лет. Попадаются зрелые мужи возрастом около миллиарда лет. Но не редки и дряхлые старцы в возрасте два миллиарда лет;

— встречаются породы (например, гнейсы), возраст которых приближается к 3 миллиардам лет;

— можно отыскать породы, возраст которых приближается к почтенной величине — 4 миллиарда лет;

— известны уже совершеннейшие «мафусаилы»[7] возрастом свыше четырех миллиардов лет.

Возраст горных пород и минералов, добытых в самых различных точках поверхности и недр нашей планеты, никогда не превышал 4,5 миллиарда лет. Интересно, что в тех случаях, когда представлялось возможным проверить возраст одного и того же образца по различным часам, всегда получались хорошо совпадающие результаты, что уже само по себе говорило о надежности часов.

С помощью радиоактивных геологических часов ученые сумели определить возраст земной атмосферы — не той, какую мы знаем сейчас: азот, кислород, немного аргона и углекислоты, такой атмосфера стала совсем недавно, каких-нибудь 400 миллионов лет назад. А вот газовая оболочка земли, как показал все тот же калиево-аргоновый метод, появилась у планеты все те же 4,5 миллиарда лет назад. Пока что можно считать это

совпадением — не больше.

Бездну интересного доставило геохронологическое изучение метеоритов. Во-первых, возраст метеоритов можно определить такими же методами, как возраст земных пород. Но, кроме того, к небесным странникам применим иной метод исследования, позволяющий досконально узнать биографию метеорита. Бороздя Вселенную, метеориты подвергаются непрерывному обстрелу космическими лучами, которые, взаимодействуя с ядрами атомов метеоритного вещества, приводят к образованию в нем радиоактивных изотопов. Изучение этих изотопов позволяет узнать, сколько времени путешествовал небесный камень по космосу, прежде чем был притянут Землей, а также и то, когда произошло это событие.

Оба метода показали, что возраст подавляющего большинства небесных камней одинаков и составляет… 4,5 миллиарда лет. Случайность явно перерастала в закономерность.

12 сентября 1970 года был дан старт ракете, которая несла на себе советскую космическую автоматическую станцию «Луна-16» для исследования нашего спутника. Спустя четверо суток аппарат прилунился в северо-восточной части моря Изобилия. Еще через сутки «Луна-16» легла на обратный курс к Земле, неся на борту почти 100 граммов бесценного для ученых лунного грунта.

Годом ранее американские астронавты Армстронг и Олдрин посадили пилотируемый ими лунный отсек корабля «Аполлон-11» на равнине в районе Океана Бурь. Первое, чем занялись астронавты, выйдя на поверхность Луны, был сбор образцов лунной породы.

Как видим, главное, что интересовало исследователей нашего ближайшего небесного соседа, — это то, из чего он «сделан». Радиоизотопное исследование образцов лунного грунта должно было доставить ответ на самый жгучий вопрос: сколько лет Луне.

Давно известен закон, согласно которому категоричность суждений о предмете, явлении обратно пропорциональна уровню сведений о них. Поэтому в литературе — специальной и особенно научно-популярной — имеется довольно согласованная точка зрения на происхождение и природу нейтронных звезд, квазаров и радиогалактик, но о происхождении Луны спорят, притом довольно активно, чтобы не сказать яростно.

Существующие теории происхождения Луны можно разбить на три категории (автор книги не астроном, а химик, и только этим объясняется та самоуверенность, с какой он берется классифицировать астрономические проблемы).

Согласно теориям первой группы, Луна отделилась от Земли в одну из далеких геологических эпох и, таким образом, Луна,

дитя Земли, должна быть гораздо моложе родительницы. Теории второй группы исповедуют противоположную точку зрения: Луна где-то там образовалась и уж потом, слоняясь по космосу, была притянута Землей и стала ее спутником. И наконец, третьи теории настаивают на том, что Земля и Луна возникли одновременно — в одной области солнечной системы и из одного «строительного материала».

Хотя теории первой группы, несомненно, самые романтические и открывают широчайшие возможности для литературно-мифологически-поэтических ассоциаций, но ошибочность их бесспорна. Расчеты показывают, что если бы Луна даже и родилась каким-то образом в недрах Земли, то отделиться от нее никак уж не смогла бы.

Таким образом, оставались две группы теорий, причем помочь в научном выборе между ними могло только прямое определение возраста лунных пород. Если химический состав и возраст лунных пород существенно отличается от земного, то с большим преимуществом побеждают теории захвата. А вот если химический состав и, особенно, возраст близки, то выигрывает третья группа теорий.

Лунная кора должна иметь возраст, очень мало отличающийся от возраста всего нашего спутника в целом. Это у нас, на Земле, верхние слои коры редко доживают до почтенного возраста, и за древними образцами приходится отправляться в глубокие шахты или скважины. На Луне же нет ничего из того, что разрушает ее кору: ни воды, ни атмосферы, ни человека. Только метеориты тревожат ее поверхность. Метеориты да редкие и не очень сильные лунотрясения.

Сегодня известен возраст пород, взятых примерно с десятка различных, далеко отстоящих друг от друга участков Луны. Среди них весьма быстро были обнаружены образцы возрастом 4,5 миллиарда лет (все те же 4,5 миллиарда лет!). Более древних образцов — а радиохронология позволяет заглянуть в глубь веков на многие-многие миллиарды лет — обнаружить не удалось.

Да, Земля и Луна — сестры одной крови, родившиеся примерно в одно время. А судя по метеоритам и по первоначальным сведениям о химическом и изотопном составе марсианских и венерианских пород, и вся солнечная система родились практически одновременно — вывод, принципиальную важность которого вряд ли нужно обосновывать.

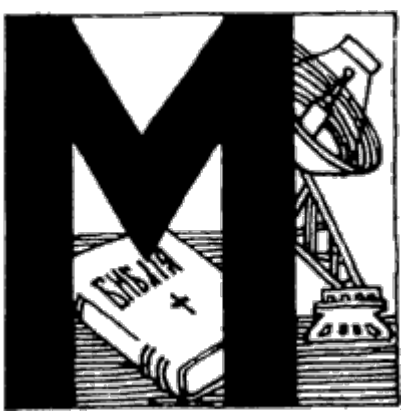
* * *

Не сомневаюсь, что только что рассказанная история о том, как человек силой своего разума, опираясь на одно из самых замечательных открытий в истории науки — радиоактивность, сумел заглянуть в глубь веков так далеко и увидеть там так много, — эта история послужит еще одной и совсем не лишней иллюстрацией всеобъемлющей силы современного естествознания, опирающегося на прочный материалистический фундамент.

Глава III
Во вселенной всегда весна…

Пожалуй, не найти в науке XX века другой проблемы, в которой физика, химия, астрономия, геология и еще с полдесятка других точных наук так прочно сплавились бы друг с другом. И, конечно, не сыскать другой проблемы, для которой слово «мировоззрение» имело бы такой всеобъемлющий смысл. А ведь речь всего-навсего идет о том, было ли начало и будет ли конец мира…

* * *



Может ли нечистая сила уместиться на острие иглы, и если да, то удобно ли ей там сидеть? Какой же все-таки плод предложил коварный змий Еве — яблоко или апельсин? Есть ли у черта печень? Занимал ли Ной на ковчеге отдельную каюту или нет? А где она помещалась — на носу или на корме?

Нет, эти вопросы — не бред свихнувшегося монаха-отшельника. Это выписки из плана научных работ папской академии наук. Нынче и представить трудно, как занимали такие, с позволения сказать, проблемы ученых-теологов 300–400 лет назад.

Святые отцы относились к своим обязанностям ревностно. Научные проблемы решались истово и веско. Смаковали каждую буковку священного писания. Писали толстенные трактаты. Устраивали диспуты с бранью и многолюдные шествия с иконами

и святыми дарами. Иногда, разнообразия ради, сжигали дюжину-другую несогласных на медленном костре из сырых дров.

Ныне члены папской академии, составляя планы научных исследований, уже не планируют изыскания по проблеме, что именно жевали в раю Адам и Ева и на какую диету они перешли, будучи изгнанными из рая.

Проблемы, которыми приходится теперь заниматься папским академикам, настолько пропитаны современными естественно-научными представлениями, что не сразу поймешь, при чем же здесь Ватикан…

21 ноября 1951 года, собравшись в большом неуютном зале, папские академики слушали послание папы Пия XII. Лица академиков были непроницаемы, но в глазах мелькали искры — да что там искры — молнии! — недоумения, раздражения, а то и вовсе откровенного гнева.

«Примерно от одного до десяти миллиардов лет назад, — читал президент академической коллегии, — вещество всех известных нам звездных систем было сжато в небольшом пространстве. В это время все космические процессы имели свое начало. Плотность, давление и температура вещества должны были тогда достигать совершенно колоссальных величин. Только в этих условиях можно объяснить образование тяжелых ядер и их содержание в Периодической системе элементов».

Академик кончил читать, обменялся красноречивыми взглядами со своими коллегами («Ну и послание! Ни слова о боге. Однако и времена теперь настали!») и сказал те самые слова, которыми должно было завершаться послание, но которых не было там:

— Аминь! С нами бог!

Слушатели склонили головы и по одному стали покидать зал.

Академики возмущались и гневались, конечно, зря. Просто Пий XII раньше других церковников — на то он и папа! — понял истину, которая теперь очевидна для многих руководителей католической (да и не только католической) церкви. Не может в XX веке церковь сохранить авторитет среди верующих и удержать свое влияние на них, если будет пользоваться теми же методами, что и сто, и пятьсот, и тысячу лет назад.

В самом деле, кого теперь удивишь наивными библейскими легендами о сотворении мира? Кого растрогаешь рассказом о расторопном Иисусе, который несколькими ломтями хлеба накормил пропасть народу? И наконец, кого волнует, удобно ли сидеть черту на игле и был ли обеспечен Ной достаточным комфортом на сколоченной им барже?

Обращение папы Пия XII к ядерной физике и современной

астрономии в высшей степени знаменательно, но в то же время совершенно закономерно. Не менее знаменательны и те выводы, к которым папа завуалированно, но очень настойчиво подталкивал своих верных академиков.

Несколько миллиардов лет назад вещество было сжато. Кто же сжал его? Разумеется, тот единственный, служить и возносить хвалу которому главная задача церкви. Кто повелел, чтобы начался процесс образования элементов? Тот единственный, служить и возносить… Кто привел в соответствие содержание тяжелых ядер во Вселенной с их положением в Периодической системе? Тот единственный…

Вот почему на рабочих столах папских академиков евангелие, библия и «Заветы» потеснились, уступив место книгам, которые пестрели значками интегралов и символами химических элементов.

* * *

Вся вселенная, которую мы знаем: и холодный Плутон, и романтическая туманность Андромеды, и красавица звезда созвездия Персея, и еле видимая в сильнейший телескоп бесконечно далекая галактика — вся Вселенная состоит из тех же химических элементов, что и наша Земля. Астрономы ищут ответ на вопрос, как возникли планеты, звезды, галактики. А как возникли химические элементы? Откуда взялись они?

* * *

— …двенадцать процентов магния, четыре — титана, восемь — марганца, ну, и два процента технеция, — вел разговор со своим сотрудником заведующий аналитической лабораторией, в которую привели меня дела.

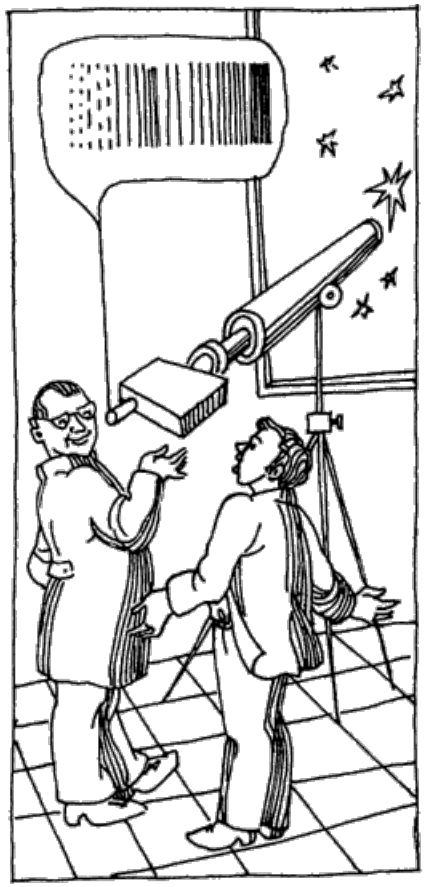
— Где это у вас может быть технеций? — невежливо вмешался я в разговор, зная, что искусственно получаемого в ядерных реакциях 43-го элемента в природных образцах быть не может.

Заведующий лабораторией взял меня за руку, подвел к распахнутому окну и молча ткнул пальцем в небо.

Да, оказалось, что в этой лаборатории со столь знакомым и привычным оборудованием занимаются химическим анализом… звезд. Химики, точнее космохимики, сегодня считают исследование химического состава звезды, даже отдаленной от нас на невообразимо громадное расстояние, самым обычным делом.

Вот уже почти полтора столетия химия вооружена таким мощным средством исследования, как спектроскопия. Спектр каждого химического элемента — это его визитная карточка, или, если выбрать более точное сравнение, — его дактилоскопический отпечаток. При нагревании до высокой температуры атомы каждого из элементов испускают световые лучи — спектр. Спектр химического элемента строго индивидуален и не походит на спектр другого элемента так же, как никогда не совпадают отпечатки пальцев двух разных людей. Поэтому, изучая спектр какого-либо вещества, можно совершенно определенно сказать, из каких элементов это вещество состоит.

Понятно, что звезды — отличные объекты для спектроскопии, можно сказать, лучше и не придумаешь. Если для того, чтобы проанализировать какой-либо образец в лабораторных условиях, его надо вносить в пламя горелки, то звезда и так раскалена. А спектроскопу все одно — ловить луч от горелки на лабораторном столе или вон от той звезды…[8]



Еще об одном способе изучения состава космических объектов упоминалось в предыдущей главе. Это химический анализ метеоритов.

Находка метеорита — неизменно волнующее и радостное событие для астрономов. И тем не менее к радости по поводу находки примешивается явно ощутимая горчинка. Астрономы умудрены жизненным опытом и отлично знают, что произойдет после того, как весть о новом метеорите станет общим достоянием.

А происходит вот что. Буквально на второй день после публикации предварительного сообщения о новом метеорите в обсерватории появляются химики. Обычно они приходят вдвоем: один химик в обсерватории не воин, и с языкастыми астрономами ему не совладать. Химиков встречают выражением живейшего и явно преувеличенного восторга. После долгих расспросов о новостях и здоровье, на которые пришельцы терпеливо отвечают, астрономы невзначай осведомляются, зачем химики пожаловали. Те говорят прямо и без обиняков.

— Что-о-о-о? — удивляются астрономы. — Этот метеорит? Да зачем он вам?! Дрянной камешек и к тому же вот какой малю-ю-юсенький. И потом, сегодня очень хорошая погода, а вот тот прибор, между прочим, стоит под напряжением в двадцать киловольт — двадцать тысяч вольт!

Сообщение о вольтах не производит на химиков никакого впечатления. Они молчат и требовательно глядят на хозяев.

Делать нечего. Астрономы открывают шкаф и вынимают коробку, где хранится покоящийся на вате небесный камень. Потом астрономы нестройным хором с явно неискренними льстивыми интонациями начинают превозносить химию. Это, дескать, наука будущего. Но и сейчас она может многое. Так, например, они знают, что химикам для полного анализа вполне достаточно двух граммов метеорита. Это точно! Да еще полграмма останется на контроль. Вот это наука!

Тут химики прокашливаются и внезапно выпаливают:

— Сто!

Это односложное слово означает, что потерявшие всякое представление о порядочности химики хотят обездолить бедных астрономов на сто граммов этого уникального, единственного метеорита. Цифра настолько несуразна, что астрономы даже не гневаются, а саркастически смеются.

Настоящий торг начнется позже, когда химики снизят свои требования до тридцати граммов. В конце концов сходятся на какой-то величине, которая, по мнению астрономов, крайне велика, а по глубокому убеждению химиков, в такой же степени мала. И вот уже один из астрономов с убитым видом пилит метеорит, стараясь захватить краешек поплоше.

Напомню еще раз, что книга эта относится к научно-художественному жанру. Что до меня, то я все время помню об обязанностях, какие налагает на меня первая часть этого определения. Но и не забываю о преимуществах, которые дает мне вторая его часть. А раз художественная литература не «отображающее зеркало, а увеличивающее стекло», то, описывая взаимоотношения астрономов и химиков, я, как догадывается читатель, малость преувеличил — с тем, чтобы рельефнее обрисовать ситуацию. Ведь и химики, и астрономы в данном случае работают над одной проблемой. И, отдавая часть своих коллекций химикам, астрономы, хотя и испытывают некоторую душевную вибрацию, но ведь делают это в общем для себя.

Идея радиоактивных геологических часов проста и очевидна, как просты и очевидны все большие идеи. Имеется какой-либо минерал, в состав которого входит радиоактивный элемент. С течением времени радиоактивного элемента в минерале становится все меньше, а продуктов распада — все больше. Скорость радиоактивного распада — величина постоянная. Если

известен период полураспада радиоактивного элемента (а для большинства естественных радиоактивных элементов эта характеристика определена с достаточной точностью), то соотношение между радиоактивным элементом и продуктами его распада с исчерпывающей определенностью укажет на возраст минерала.

Идея проста и очевидна, но тем не менее определение на практике возраста минерала или горной породы — дело не такое уж легкое и безмятежное. Прежде всего необходимо провести тщательный химический анализ минерала (за это берутся, конечно, химики). Затем приступают к определению изотопного состава элементов, по которым находится возраст породы (решение этой задачи поручается физикам). При всем этом надо быть уверенным, что продукты распада радиоактивного элемента не выветрились, не вымылись либо улетучились из минерала, да и сам исходный радиоактивный их предок остался в неприкосновенности (за исключением, разумеется, той доли, которая успела распасться) — эти гарантии обязаны доставить геологи.

Итак, лаборатория, где устанавливают абсолютный возраст минерала или горной породы — обширное объединение представителей различных наук.

«Сконструировано» несколько типов радиоактивных часов. Самые распространенные и удобные — ураново-свинцовые. Химики научились с большой точностью определять содержание урана и свинца в породах, а это гарантия точности «хода» часов.

Удобны и часы, основанные на определении содержания в минералах инертного газа гелия, выделяющегося при распаде почти всех тяжелых радиоактивных элементов. Правда, при определении возраста минералов по гелиевому методу следует заручиться доказательствами того, что в исследуемом образце сохранился весь гелий, образовавшийся при распаде, и даже самая малая часть его не улетучилась. Впрочем, такие доказательства получить в общем несложно.

Спектральный анализ далеких звезд, прямое изучение метеоритов, пород Луны, Венеры, Марса — все это позволяет представить достаточно полную картину распространенности элементов во Вселенной.

Абсолютный чемпион Вселенной по распространенности — водород. Его во Вселенной больше, во много раз больше, чем всех остальных элементов вместе взятых.

Второй в Периодической системе, гелий, — второй и по распространенности во Вселенной. Но его уже гораздо меньше, чем водорода — почти вдесятеро.

У нас на Земле картина несколько иная. В земной коре — оболочке, включающей пару десятков километров земной тверди, гидросферу (океаны, моря, реки, озера) и атмосферу — чемпион по распространенности — кислород, а «серебряный призер» — кремний. Если же брать всю планету в целом, с ее глубинными слоями и ядром, то на первое место по распространенности уверенно выходит железо, а кислород на пьедестале занимает только вторую ступеньку.

У наших небесных соседей — Луны, Венеры, Марса — картина в общих чертах такая же, как и на Земле. Быть может, только водорода меньше, потому что водой богата, похоже, только Земля.

Но в общем, то ли на далеких звездах, то ли на близких планетах, то ли на нашей родимой Земле — всюду прослеживается одна универсальная закономерность: распространенность элемента тем **меньше**, чем **больше** его порядковый номер в Периодической системе Д. И. Менделеева.

Тут, впрочем, следует сделать одну существенную оговорку — правильнее говорить не о распространенности элемента вообще, а каждого из составляющих его изотопов. Потому что как, к примеру, ни много на нашей планете кислорода, но это практически всё кислород-16, а изотопа кислорода с атомной массой 17 на нашей планете немногим больше, чем золота.

Исследования показали, что во Вселенной решительно преобладают изотопы, атомная масса которых кратна четырем, то есть делится на 4 без остатка. Не стоит обращаться к руководству «Правила делимости», чтобы уразуметь тягу природы к атомным массам, кратным четырем. Дело здесь не в арифметике, а в физике: атомные ядра изотопов с атомными массами, кратным четырем, как правило, построены из целого числа альфа-частиц — очень дружного и крепко спаянного квартета из двух протонов и двух нейтронов — из целого числа, без всяких довесков из нейтронов. А такие ядра особенно устойчивы. Вот почему природа предпочитает их иным, менее прочным (менее энергетически выгодным)[9].

Разговор о распространенности элементов во Вселенной затеян здесь, на страницах книги о радиоактивности, не случайно. Потому что нам в высшей степени важно понять, **почему** химические элементы встречаются в природе так неравномерно; **почему** одних элементов много, а других мало; **почему** много именно одних и **почему** мало именно этих других; **почему** соотношение между различными элементами именно такое, а не какое-нибудь другое. А понять все это можно, только познав законы превращения одних элементов в другие, законы

радиоактивности.

* * *

В газетах и журналах часто можно встретить полюбившееся журналистам выражение: «событие века». Например, «матч века», «сенсация века», «преступление века» и т. д. Так вот, реакцию, о которой сейчас пойдет речь, очень хочется назвать «реакцией века». Но эта внешне простая и незамысловатая реакция — безусловно самая важная из всех, секреты которых удалось раскрыть.

* * *

Говорят, что однажды гениального астронома и математика Лапласа спросили:

— Как вы создаете выдающиеся теории?

— Очень просто, — усмехнулся ученый. — Записываю первую пришедшую мне в голову мысль, а затем опровергаю ее по частям.

(Рассказывают также, что задавший этот вопрос любознательный обыватель, услышав ответ Лапласа, страшно обрадовался и побежал домой записывать первую пришедшую ему в голову мысль с тем, чтобы затем «опровергать ее по частям». Вот как просто создавать научные теории! Но сколько бедняга ни сидел, кроме фразы: «Сегодня за обедом было чудное жаркое!» — ничего придумать не мог. А опровергнуть эту мысль даже по частям было трудно, потому что кухарка у незадачливого претендента в Лапласы действительно была хорошей.)

Шутка шуткой, но в научном творчестве очень важна бывает первая, пусть даже не всегда верная, предпосылка. Не беда! Постепенно накапливая подробности, сопоставляя факты, отбрасывая неверное и примиряя противоречия, ученый в конце концов выведет теорию на правильную дорогу.

Так вот, когда заходила речь о том, почему светит и греет Солнце, ученые не могли воспользоваться советом Лапласа! И прежде всего потому, что тут никакие мысли не возникали. Никакие!

Уже в середине прошлого века в науке прочно утвердился

закон сохранения энергии. Каждому ученому-естественнику было ясно, что энергия не может возникать из ничего и не может исчезать бесследно. Оставались еще идеалисты-путаники, которые никак не могли примириться с тем, что это и есть самый главный, всеобщий закон природы. Всюду им мерещились нарушения этого закона. Но с этими горе-учеными окончательно разделался Владимир Ильич Ленин еще в начале нашего века.

Представьте себе ученого, скажем, прошлого века. Он отлично понимает, что Солнце — колоссальнейший источник энергии. Но откуда эта энергия берется?

Предположить, что на Солнце идет непрекращающаяся реакция горения, то есть соединения углерода с кислородом? Нет, такая бредовая идея не посетит даже последнего неуча. Ясно, если бы Солнце целиком состояло из лучших березовых дров или нефти высшей кондиции, если бы там даже имелся в избытке кислород (хотя чего там нет в сколько-нибудь заметных количествах, так именно этого элемента; да и других элементов, за исключением водорода и гелия, на Солнце, можно считать, нет вовсе), даже тогда, учитывая массу нашего светила, можно было бы подсчитать, что Солнце горело бы 100 тысяч лет, ну, миллион.

А ведь и тогда науке — настоящей науке — было совершенно ясно, что возраст Солнца гораздо солидней.

Однажды я заинтересовался, какие споры велись век назад вокруг проблемы происхождения солнечной энергии. Мне пришлось перевернуть кучу пожелтевших журналов, пересмотреть десятки старых книг, но, как это ни странно, я почти ничего не нашел. Три-четыре статьи, с полдесятка заметок, три изданных на средства авторов брошюры с явно завиральными идеями — пожалуй, и все.

Ситуация, в общем, понятная. В те времена проблема происхождения солнечной энергии просто пугала своей безнадежностью. А за такие проблемы браться никому не охота.

Но вот проник в астрономию и стал одним из основных ее методов спектральный анализ — и все чаще замелькало в астрономических книгах и статьях слово «водород».

Стало ясно, что этот элемент занимает во всех отношениях исключительное место во Вселенной. Оказалось, что Солнце и многие другие звезды — не что иное, как громадное скопление водорода.

К тому времени, когда все это выяснилось — к 30-м годам нашего столетия, — наука о строении атома продвинулась уже достаточно далеко, чтобы, сопоставив все факты, выдвинуть теорию, пояснявшую тайну неисчерпаемости источника солнечной энергии. Вот тогда-то и родилось предположение о

реакции, которая позже будет названа «реакция века», — реакция, о которой спустя 30 лет будет написано и говорено больше, чем о любом ином физико-химическом процессе.

Теория исходила из очень простой предпосылки: водорода много, гелия поменьше, остальных элементов совсем мало. Следовательно, на Солнце и на других звездах (потому что Солнце наше — самая обыкновенная звезда) водород превращается в гелий:

$$4H = He.$$

Простая реакция, не правда ли?

— Подозрительно простая! — скажет иной неверующий. — Предположить можно что угодно. Да и более сложную реакцию написать (написать!) не стоит большого труда. Докажите, что все это правда.

Доказательство вручим в руки самого беспристрастного из судей — расчета. Атомная масса водорода 1,008. Следовательно, если уравнение, написанное выше, верно, то атомная масса должна быть вчетверо больше атомной массы водорода, а именно: $1{,}008 \times 4 = 4{,}032$. Смотрим в таблицу атомных масс: почти верно. Но только — почти. Атомная масса гелия равна 4,003. Разница 0,029. Иными словами, это означает, что из 4,032 граммов водорода получается не такое же количество гелия, а приблизительно на три сотых грамма меньше.

Подумаешь, три сотых грамма! Велика ли величина? Велика! Чудовищно громадна! Потому что благодаря этим трем сотым грамма при взаимодействии каждых 4 граммов водорода с образованием гелия высвобождается энергия в несколько миллиардов килоджоулей.

Не пытайтесь представить себе эту величину. Бесполезная затея. Здесь может помочь лишь сравнение. Этим количеством тепла можно нагреть до кипения 10 тысяч тонн воды. Впрочем, того, кто знает суть одного из самых важных уравнений современного естествознания — уравнения Эйнштейна, связывающего величину массы с эквивалентным ей количеством энергии, этим числом не удивишь.

Когда же обращаешься к тому, что происходит на Солнце, то удивления и восхищения не сдержит даже умудренный знаниями и годами седобородый профессор.

Пока вы читали эту фразу об убеленном сединами профессоре, наше светило потеряло в массе примерно 10 миллионов тонн. Может быть, и больше, но никак не меньше.

Ежесекундно на Солнце 570 миллионов тонн водорода превращается в 566 миллионов тонн гелия. Каждую секунду

Солнце теряет примерно 4 миллиона тонн массы, уносящейся в виде световой и тепловой энергии. Если подсчитать, какому количеству тепла отвечает эта масса, получается число, с которым в физике и даже астрономии не каждый день приходится встречаться: $4 \cdot 10^{25}$ килоджоулей. Постигнуть грандиозность этого числа не поможет и самое броское сравнение. Впрочем, читатель, июльским полднем изнывающий под немилосердно палящими лучами Солнца и с ужасом думающий, что на планете имеются места, где жара куда более суровая, вспомни, что на Землю падает всего одна двухмиллиардная доля солнечной радиации.

Рассуждения об источнике солнечной энергии привели нас в дебри ядерной физики. Хотя какие это дебри? Сегодня — это уже вдоль и поперек исхоженный перекресток, вроде Столешникова переулка в Москве. Нынче в физике есть разделы, которые действительно следовало бы назвать джунглями. Хотя физики-теоретики неплохо в этих зарослях ориентируются.

Солнечную реакцию научились осуществлять на Земле. Правда, поначалу процесс слияния ядер атомов водорода нашел достаточно мрачное применение: именно процесс слияния ядер водорода осуществляется в термоядерных бомбах, названных поэтому водородными, в бомбах, о чудовищной разрушительной и губящей силе которых написано столько, что вспоминать об этом без особой нужды не хочется.

Нельзя не подивиться тому факту, что водородная реакция — второе в истории науки явление, какое вначале было обнаружено на Солнце, а потом уже осуществлено на Земле. Первым было нашумевшее в свое время открытие «солнечного газа» — гелия.

Для нас здесь важно другое — тот факт, что в результате слияния ядер водорода образуется более «крупный» элемент гелий. Более крупный…

А ведь при радиоактивном распаде происходит **уменьшение** атомной массы и порядкового номера; а если при бета-распаде порядковый номер и увеличивается (при неизменной массе), то всего на единицу. Здесь же, при термоядерном синтезе, **увеличиваются** и порядковый номер и атомная масса. Причем, как мы увидим далее, увеличиваются весьма значительно. Так сказать, радиоактивность в зеркальном отображении.

* * *

Вам предстоит пройти тяжелый и сложный путь в

100 километров длиной. А вы прошли только один километр. Можно ли сказать, что путешествие закончено? Нет, конечно. Еще ждут впереди крутые горные перевалы, опасные переправы, да редкие передышки. А надо спешить.

Вот так и здесь, в проблеме происхождения элементов. Выяснено, как образуется гелий. Один элемент из сотни. Мало. Очень мало.

Но не зря говорят: хорошее начало — половина успеха. А начало — выяснение роли водородно-ядерной реакции — и впрямь как будто бы неплохое.

* * *

Науке точно известны условия, при которых в звездах происходит слияние ядер водорода с образованием ядер гелия. Условия эти выражаются тремя словами: 20 миллионов градусов. Кратко, но… очень сложно.

Сложно потому, что извилистым и подчас изнурительным путем пришли ученые к выяснению этой величины.

Сложно потому, что нелегко было доказать и исчезновение водорода, и образование гелия.

Сложно потому, что 20 миллионов градусов — это все-таки громадная, чудовищная температура. И надо было обладать незаурядной по тому времени научной смелостью, чтобы предположить возможность существования таких температур, и добротной научной эрудицией, чтобы доказать справедливость этих предположений.

20 миллионов градусов! Много? Очень много. Тем не менее очень скоро мы поведем речь о таких температурах, по отношению к которым 20 миллионов градусов — то же, что студеная вода горного потока в сравнении с кипящим маслом.

Итак, выгорает на звезде водород. Он не горит, конечно, в прямом смысле этого слова. Горение — процесс соединения элементов с кислородом. Вот почему «выгорает» — сказано здесь не совсем точно, но, по-видимому, достаточно образно. В звезде образуется гелиевое ядро. При этом гелий оказывается сильно сжатым по сравнению с исходным водородом. Оболочка звезды — небольшое количество оставшегося водорода — напротив, сильно расширяется.

Что же при этом происходит? А то же, что в нашем домашнем

холодильнике. Расширение фреона в испарительной камере сопровождается охлаждением газа, ожижение фреона приводит к выделению тепла, к разогреванию.

Таких «холодильников» во Вселенной столько, «сколько звезд на небе». Вероятно, эта поговорка никогда не была так к месту. Потому что здесь ее следует понимать буквально. Каждая звезда — «холодильник» с «холодильной камерой» — оболочкой и «поршневой камерой» — ядром.

Вот почему в гелиевом ядре температура сильно повышается, а водородная оболочка звезды значительно остывает. Это слово надо понимать, конечно, относительно. Водородная оболочка имеет температуру 3000–4000 градусов; при такой температуре не озябнешь!

Тут, разумеется, возникает вопрос: как об этом узнали? Как раз это оказалось сравнительно несложным. Обратили внимание на то, что те звезды, в которых мало водорода, но много гелия, имеют на поверхности более низкую температуру. Определять температуру звезд, хотя и не очень простая, но, в общем, вполне посильная задача: чем белее звезда, тем она жарче разогрета, чем краснее, тем она холоднее. (Вспомните: «Нагреть до белого каления».)

В гелиевом ядре таких звезд возникают условия, которые по нашим, земным, меркам и представить трудно: температура 100–150 миллионов градусов. (Лишнее подтверждение справедливости французской пословицы: «Всякое сравнение хромает». Вспомните сравнение, которое я приводил несколькими строками ранее; как видим, «масло» нагрето сильнее «воды» на сотню с лишним миллионов градусов…) Плотность вещества, образующего гелиевые звезды — несколько центнеров на кубический сантиметр. Плотность хорошая — такая, что одна щепоть этого звездного вещества потянула бы столько, сколько хорошо груженный КамАЗ.

Вот при таких условиях становится возможной реакция:

$$3\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} = {}^{12}_{6}\mathrm{C}.$$

Из трех ядер гелия образуется одно ядро углерода. Эта реакция может идти и при «прохладной» температуре — доказательством служит то, что углерод обнаружен на Солнце. Но при такой низкой (сравнительно, конечно) температуре, как на нашем светиле, реакция образования углерода идет очень медленно; поэтому этого элемента так мало на Солнце.

А вот при 150 миллионах градусов образование углерода протекает очень быстро. Проходит каких-нибудь 10–100 миллионов лет — и гелия на звезде нет или, вернее, почти нет:

выгорел.

«Дым» при этом «горении» получается очень увесистый. Дело в том, что при такой чудовищной температуре, которая повышается по мере выгорания гелия, образовавшийся углерод продолжает присоединять ядра атомов гелия. При этом происходит ряд последовательных реакций:

$^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He = {}^{16}_{8}O$ — образуется кислород;

$^{16}_{8}O + {}^{4}_{2}He = {}^{20}_{10}Ne$ — образуется неон;

$^{20}_{10}Ne + {}^{4}_{2}He = {}^{24}_{12}Mg$ — образуется магний.

Астрономам известно несколько звезд, которые преимущественно состоят из магния. Так что приведенные уравнения ядерных процессов — отнюдь не досужий вымысел.

Из водорода — магний! Такое значительное увеличение атомного веса химических элементов, образующих звезду, не проходит для нее бесследно. Центральная область ее продолжает уплотняться, сжиматься. Температура звезды при этом, конечно, возрастает. Сейчас она выражается уже совершенно немыслимой величиной: 3 миллиарда градусов! При такой температуре возможны самые неожиданные процессы. Начинают соединяться друг с другом ядра углерода:

$$^{12}_{6}C + {}^{12}_{6}C = {}^{24}_{12}Mg.$$

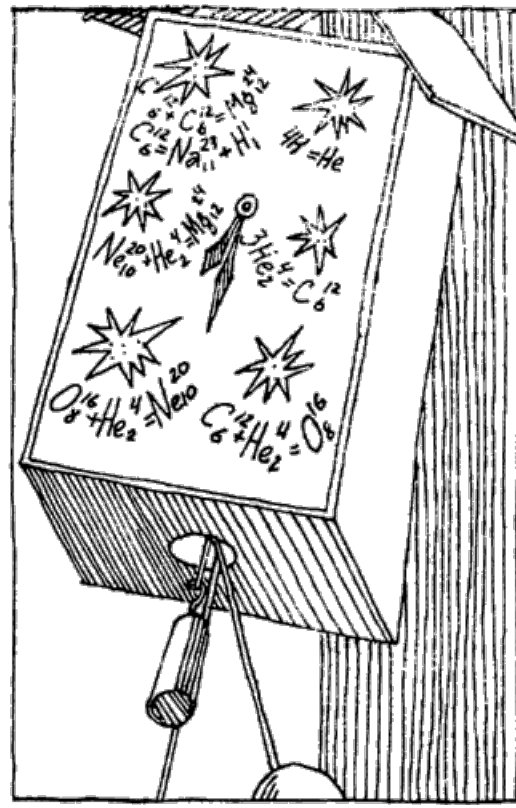
Два углеродных ядра, сливаясь, могут давать и другие продукты:

$$^{12}_{6}C + {}^{12}_{6}C = {}^{23}_{11}Na + {}^{1}_{1}H.$$

При этой реакции образуются ядра атомов водорода — протоны. Но это уже совсем не тот «кроткий» водород, каким он был в начале цикла развития звезды, когда протекала тихая и мирная реакция образования гелия. Еще бы! Там ведь температура была каких-нибудь жалких 20 миллионов градусов — что это в сравнении с нынешними тремя миллиардами!

Такие «яростные» протоны начинают активно участвовать в ядерных реакциях, приводя к образованию различных элементов, расположенных в Периодической системе в районе магния — алюминия — кремния.

И уж совсем безудержными становятся при такой температуре еще не успевшие вступить в термоядерные реакции ядра атомов гелия — альфа-частицы. При взаимодействии альфа-частиц с тем уже достаточно широким набором элементов, какой уже имеется на звезде, круг элементов расширяется еще больше. Но главное то, что при этих реакциях образуются свободные нейтроны.



Коль скоро появились нейтроны, жди богатого урожая разнообразных химических элементов. Ведь незаряженная частица нейтрон — самый эффективный снаряд для осуществления ядерных реакций. Впрочем, с чудесными свойствами нейтрона мы познакомимся поближе в следующей главе.

С появлением нейтронов на звездах образуются разнообразные химические элементы, которые уже можно назвать тяжелыми: молибден, барий, вольфрам и многие другие.

О том, что развитие звезды сопровождается образованием все более тяжелых элементов, говорят прямые экспериментальные факты. Так, обнаружены звезды, в состав которых входит не существующий в природных условиях на Земле 43-й элемент технеций. Именно о такой звезде шла речь в упоминавшейся мною прежде аналитической лаборатории.

Технеций — очень неустойчивый элемент. Самый долгоживущий его изотоп имеет период полураспада два с половиной миллиона лет — ничтожный по масштабам жизни Вселенной отрезок времени. Вот почему существование технеция

в звездах — неоспоримое доказательство того, что в них идет непрекращающийся процесс образования химических элементов. И если мы видим в спектре звезды линии технеция, это означает, что он вот-вот образовался, — так сказать, «с пылу горячий».

Участие в звездных реакциях нейтронов может привести к образованию самых тяжелых элементов. Ясно, однако, что на каком-то элементе этот процесс должен остановиться. Но на каком? И что после этого произойдет со звездой? Погаснет? Станет мертвой?

* * *

Идеализм отнюдь не всегда рядится в сутаны и ризы. И пропаганда идеализма идет отнюдь не только с соборных кафедр и амвонов. Более того, многие идеалисты даже не посещают церкви. А некоторые из них искренне почитают себя атеистами.

* * *

Сегодня церковь спорит с истинной наукой так же яростно, так же непримиримо, как и 300, как и 500 лет назад. Правда, по форме спор этот не похож на те, которые так пышно обставлялись в средневековье и неизбежно кончались усекновением головы у проигравшей в споре стороны или сожжением этой стороны на доброй куче хвороста. Надеюсь, не стоит указывать, что выигравшей стороной всегда бывала церковь.

Сегодня ни одному церковнику не придет в голову отстаивать, например, сказку о пророке Ионе, который «три дня и три нощи» провел «во чреве кита». Нет, церковник этот, если он умный, охотно согласится с вами, что такое вряд ли может быть даже при вмешательстве духа святого.

Но если зайдет речь об одном из основных вопросов, которые лежат в основе идеологии: было ли начало и будет ли конец мира, — здесь церковники будут спорить самозабвенно, до хрипоты, до посинения. Они не идут ни на какие компромиссы. Они уверенно отвечают: было и будет! Было и будет! Было и будет!

В чем дело? Что так взволновало почтенных отцов? О, у них

имеются все причины для волнений! Ведь если начало мира было, значит, кто-то «начал» это начало. Кто же? Понятно кто — бог. Если предвидится конец мира, кто будет «задергивать занавес»? Понятно кто — бог.

Но хлопотно живется сейчас церковникам! Не знаешь, с какой стороны ждет тебя неприятность. На что бы уже, казалось, безобидна проблема развития элементов на звездах — всякие там протоны, нейтроны, дефект массы. А вот поди — стала эта проблема огненным разделом между идеализмом и материализмом.

Хочу подчеркнуть, что, говоря о расхождениях между истинной наукой и церковью, я далек от мысли давать оценку деятельности последней в целом. Это была бы задача, уж никак не вмещающаяся в узкие для нее рамки книги о радиоактивности. Здесь будет идти речь лишь о борьбе между современным естествознанием и современными теологическими (церковными) учениями.

Обычно рождение каждой крупной естественно-научной теории сопровождается не очень стройным, но зато очень громким хором хулы и проклятий. Первые голоса в этом хоре часто (а в прошлые века — всегда) принадлежат церкви. Но явственно различим и голос лженауки, обычно примыкавшей к церкви, либо объективно работающей на нее.

Вот какая интересная вещь получилась с теорией происхождения и развития химических элементов. На многовековую осаду, подобную той, что церковь устроила теории Коперника, у нее просто не было времени. Не было и тех десятилетий, на протяжении которых критиковалась теория строения атома. Здесь счет шел на месяцы. И вот уже теология показала, что она совсем не та, какой была три века назад, и не та, какой была в прошлом столетии. И даже не та, какой была тридцать лет назад.

Совершенно неожиданно теория происхождения и развития элементов на звездах привела теологов в состояние живейшего восторга. Более того, в теологической периодике осторожно, а после упоминавшегося в начале этой главы послания римского папы — настойчиво и навязчиво громко стали появляться утверждения, что теория эта для церкви — ну, просто находка, причем во всех отношениях великолепная!

И то сказать, обрадовались теологи не зря. Они усмотрели в этой теории научное, естественно-научное, доказательство того, что Вселенная имела начало и будет иметь конец.

При этом позиция теологов отличалась строгой логичностью. Именно логичностью, и именно строгой:

— Развитие звезды заключается в увеличении порядкового номера и атомной массы составляющих эту звезду элементов. Однако очевидно, что это укрупнение не может продолжаться бесконечно. Рано или поздно процесс укрупнения элементов должен завершиться. И тогда звезда погаснет. Таким образом, смерть звезды есть закономерный этап ее развития. И, следовательно, наступит момент, когда погаснут все звезды. И это будет означать конец, смерть Вселенной. А ведь материализм, диалектический материализм, учит: любое явление, имеющее начало, обязательно должно иметь конец. Все.

Да, действительно, все логично и стройно. Но ведь в самом деле, звезды должны гаснуть. Обидно? Еще бы!

* * *

Как автор, я даже рад, что создалась такая ситуация. По крайней мере, видно, что путь ученых не одни триумфальные открытия. Бывают и у них минуты недоумения и даже растерянности. Впрочем, все ли аргументы использованы в споре с церковниками? Видимо, сейчас самое время заняться явлением, о котором знали и раньше, но подробно изучать начали не так уж давно.

* * *

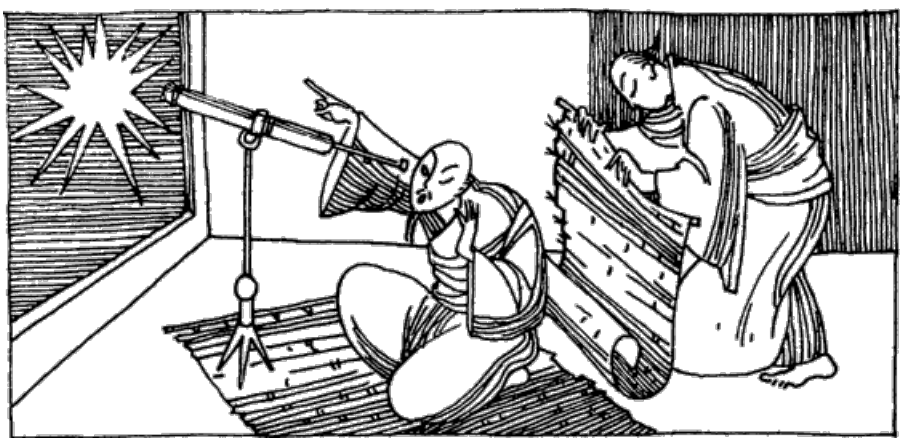
Известие о том, что открыта очередная сверхновая звезда, обычно вызывает сильнейшее возбуждение в среде астрономов. Обсерватории ощериваются трубами телескопов и хитроумных приборов, а астрономы, не успев отдохнуть от переживаний прошлой ночи, ждут не дождутся, когда же снова наступит темнота, тихонько ругая лентяйку Землю за то, что она так нестерпимо медленно крутится.

Уже давно люди обратили внимание на то, что иногда на том участке неба, где вчера еще ничего не было, сегодня вспыхивает яркая звезда. Правда, такое событие случается не часто. И обычно оно так поражает наблюдателей, что история сохранила для нас почти все случаи, когда за последние два тысячелетия наблюдались вспышки сверхновых звезд.

Так, в китайской летописи с длинным названием, перевод

которого я так и не мог узнать, — «Вень-Сянь-Тин-Као» пишется: «В эпоху Чжун-пина, на второй год (185–186 год нашей эры) на десятую луну в день Квейхая появилась необыкновенная звезда Нан-Мана. Она была величиной с бамбуковую циновку и последовательно показывала пять цветов. Постепенно уменьшала она блеск к шестой луне следующего года, когда исчезла».

Что касается «бамбуковой циновки», то впечатлительный автор летописи, конечно, переборщил. Появись на небосклоне звезда такой величины, от живого на Земле не осталось бы ничего. Но это лишний раз показывает, как дивились люди необычности сверхновых звезд. А во всем остальном автор летописи был предельно точен. Действительно, самой характерной и, как мы убедимся дальше, самой важной для нас особенностью сверхновых звезд является то, что они сравнительно быстро уменьшают свою яркость и почти полностью гаснут за 9–10 «лун».



В летописях многих народов можно найти упоминание о самой мощной на памяти людей вспышке сверхновой звезды, которая произошла в 1054 году. Эта звезда была настолько ярка, что ее было видно даже днем. Астроном китайской обсерватории Большого Дракона в Пекине Ма Туанлинь оставил нам подробное описание сверхновой 1054 года, благодаря которому мы можем представить себе, как это происходило.

Звезда вспыхнула внезапно, и уже спустя несколько суток она могла поспорить по своей яркости с луной. Ночью каждый предмет отбрасывал две тени, и это так удивляло горожан, что даже мальчишки, которым давно полагалось спать, бегали по улицам, размахивая палками и распевая песни.

Ма Туанлинь дал звезде поэтическое имя «Гостья». Имя было выбрано удивительно точно: появившись внезапно, звезда

«гостила» на небе недолго. Через год ее уже не было видно невооруженным глазом (до изобретения телескопа надо было ждать еще почти полтысячелетия).

Сегодня в созвездии Тельца — в том участке неба, где когда-то появилась Гостья, — в сильные телескопы можно видеть Крабовидную туманность, которая, несомненно, образовалась из Гостьи.

За последние 500 лет всего дважды вспыхивали сверхновые в нашей Галактике, так сказать, поблизости. И оба раза это было достаточно давно: в 1572 и 1604 годах. В других галактиках сверхновые вспыхивают не чаще. Но так как галактик много, то астрономам приваливает счастье открывать сверхновую звезду в среднем раз в год.

Теперь во многих обсерваториях мира организована служба сверхновых звезд. Ученые тщательно рассматривают фотографии различных участков неба, не появилось ли на негативе пятнышка сверхновой. И когда очередная сверхновая бывает обнаружена, весть об этом мгновенно распространяется во всем научном мире.

После пространного рассказа о сверхновых звездах читателю ясно, что автор повел о них речь не зря, что история развития химических элементов связана именно с этими диковинными астрономическими объектами. Как ни редки вспышки сверхновых, все же астрономы смогли усмотреть одну очень важную закономерность. Оказывается, яркость каждой сверхновой звезды уменьшается наполовину примерно за 60 суток. Вот, скажем, замерили яркость сверхновой сегодня. Спустя два месяца она будет светить вдвое тусклее, через четыре месяца яркость ее ослабнет вчетверо, через полгода — в восемь раз и так далее.

Дальше астрофизики и астрохимики рассуждали так. Отчего может уменьшаться да еще с такой закономерностью яркость звезды? Очевидно, там идет процесс распада какого-то элемента. Распад, конечно, радиоактивный. А раз так, то какой элемент может иметь период полураспада 60 суток?

Удивительно вовремя было сделано открытие о законе спадания светимости сверхновых! Возникни это открытие двумя десятилетиями раньше, — и ученым долго и, безрезультатно пришлось бы ломать голову над вопросом: какой-же все-таки радиоактивный элемент распадается в сверхновых? Но сегодня для ответа на этот вопрос не надо быть точным провидцем. Достаточно внимательным взглядом пройтись по «радиоактивному» участку Периодической системы Д. И. Менделеева — и виновник обнаружится сразу. Калифорний.

Не все слыхали о таком элементе? Посмотрите на таблицу Менделеева, в клетку № 98. Нашли? Именно эту квартиру

занимает зауральный элемент калифорний.

Тому, кто об этом элементе ничего не слыхал, расстраиваться не стоит. Зазорного в этом ничего нет. До 1950 года в Периодической системе такой элемент вообще не значился. Именно в этом году он был **изготовлен** физиками. Странный глагол в применении к химическому элементу, не правда ли? Нет, совсем не странный. Уже говорилось, что элементы с порядковыми номерами, большими 92, на нашей планете не обнаружены и получены искусственно, с помощью ядерных реакций. Среди этих элементов, ряд которых уже расширен до 107-го элемента, значится и калифорний.

Когда калифорний был изучен, догадка о том, почему же он не существует в земных недрах, превратилась в уверенность: период полураспада 98-го элемента составляет всего 60 суток. Ясно, что если этот элемент и присутствовал в том первичном веществе, из какого образовалась Земля, то исчез до самого последнего атома задолго до того, как в первичном океане планеты закопошились первые одноклеточные. Исчез, чтобы спустя миллиарды лет появиться в лабораториях физиков. И чтобы быть открытым на звездах.

* * *

На основе рассказанного можно было бы выстроить поучительную притчу, которая строилась бы на поверхностно-поучительной аналогии между развитием элементов на звездах и карьерой человека. Дескать, рождается маленьким и ничтожным водородом, а завершает жизненный путь солидным и в чинах калифорнием. Но смертен человек, Вселенная же бессмертна.

* * *

Энергия взрыва сверхновых настолько велика, что не поддается переводу на язык сравнений. Да и какие могут быть сравнения, когда перед взрывом на звезде накапливается количество калифорния, составляющее по массе примерно 20 таких планет, как наша. Ясно, что такое количество «взрывчатки»

приводит к взрыву, при котором и без того высокая температура повышается настолько, что элементы, образующие звезду, разлетаются на мелкие осколочки. Это обыденное слово в данном случае хорошо обрисовывает последствия взрыва. Потому что мельчайшие осколочки атома, атомного ядра — это протоны и нейтроны.

Протоны — ядра атомов водорода. А нейтроны, предоставленные сами себе (то есть не входящие в состав атомного ядра), очень быстро, за считанные минуты, превращаются в атомы водорода.

Итак, взрыв звезды дает жизнь водороду, тому самому водороду, с которого начинается жизнь каждой звезды. Не о смерти свидетельствует цикл развития элементов во Вселенной — о жизни!

Только малая часть элементов, образующих тело звезды, будучи разметенной взрывом в космическое пространство, выживает, не подвергаясь переплавке в горниле вспышки сверхновой. И именно эта малость — тот строительный материал, из которого природа конструирует планеты и вообще то, что астрономы называют холодной материей Вселенной (в отличие от горячей материи — звезд).

Теория, изложенная мною, конечно, в самых общих чертах, подтверждается многими экспериментальными фактами. О том, что обнаружены тяжелые элементы на звездах и установлена связь между химическим составом звезды и ее температурой, я уже говорил. Но оказывается, эта теория объясняет закономерности распространенности химических элементов во Вселенной, и становится понятным и очевидным, что всюду — не только на Земле — кислорода будет много, а золота — мало, потому что объективные законы природы обязательны для любой точки Вселенной, и для нашей Земли, и для Марса, и для во-о-он той далекой звезды, что тускло светит в созвездии Водолея.

Молодая, водородная, звезда возникает отнюдь не сразу после взрыва старой, калифорниевой. Водород, образовавшийся при взрыве, с фантастической скоростью выбрасывается в мировое пространство. А о значительной концентрации водорода (несколько атомов на кубический сантиметр — эта концентрация, которая по нашим земным меркам должна была бы называться ультрасверхвысоким вакуумом, по меркам космоса — довольно значительная) астрономы знали уже давно.

Силы тяготения собирают атомы водорода вначале в небольшие скопления, которые затем, объединяясь, становятся все большими и большими. Процесс этот очень долгий. Во всяком случае, счет идет на миллиарды лет. И рано или поздно

образуется такое количество водорода, которое, сжимаясь под гравитационным действием собственной массы, приводит к возникновению таких громадных температур и чудовищных давлений, что сама по себе начинает идти термоядерная реакция: ядра водорода, сливаясь, образуют ядро атома гелия. Начинает жить новая звезда. Молодая — водородная. У которой все впереди: миллиарды лет развития от водорода до тяжелых элементов, от рождения к смерти. И затем снова к рождению, через смерть, через творящий жизнь взрыв[10].

Очень стройная и красивая картина мира вырисовывается при изучении радиоактивности. В холодной материи Вселенной идет непрерывное, эволюционное, превращение элементов от больших к меньшим — таковы неумолимые последствия радиоактивного распада. В горячей материи — картина обратная. Элементы развиваются от меньших к большим и тоже эволюционно. И лишь затем при большом накоплении количественных изменений, звезда, ее элементы скачком, революционно переходят в принципиально новое качество.

Трудно представить боле выразительную иллюстрацию, более наглядное подтверждение основных положений марксистской материалистической диалектики. И мне очень приятно, что поводом для этого стало изучение радиоактивности.

* * *

Исследования, связанные с изучением радиоактивности как общего свойства материи, позволили сказать веское слово в еще одной космогонической проблеме — теории происхождения планет. А как возникли планеты — интересно не только астрономам, интересно всем, потому что только на планетах…

* * *

…Только на планетах могла зародиться и развиваться жизнь во Вселенной. Конечно, только на планетах — не на звездах же, на самых холодных из которых температура составляет несколько тысяч градусов, не на метеоритах или астероидах, которые

лишены и воды, и атмосферы. Только на планетах.

Нам очень хочется иметь соседей во Вселенной. Хочется, чтобы неизменно волнующие научно-фантастические повести когда о добрых, когда о свирепых — смотря по настроению автора — пришельцах из планетных систем в созвездии Скорпиона оказались, ну, хотя бы чуточку правдой.

Лишь в последние два десятилетия проблемой обитаемости Вселенной ученые занялись всерьез, с позиций современной науки. Во имя решения этого вопроса радиотелескопы обшаривают небо. Собираются представительные научные конференции. И даже ставятся эксперименты.

Один из центральных вопросов в этой проблеме — происхождение планет. Если возникновение планетной системы — дело случая, игры природы, то, естественно, надежд на то, что жизнь распространена во Вселенной, мало. Если же окажется, что образование планет вокруг звезды — закономерный этап развития этой звезды, то на проблему соседей по космосу можно смотреть куда оптимистичнее.

Я снова, уже не впервые на страницах этой книги, возьму на себя смелость классифицировать астрономические теории. И если в этой классификации окажутся какие-либо неточности, прошу астрономов извинить меня, хотя бы во имя этой смелости.

Одна группа теорий предполагает, что планетные системы, в частности, наша Солнечная система, образуются **после** того, как сформировалась и начала функционировать звезда. Другие теории отстаивают положение, согласно которому планеты и звезда, которой они принадлежат, образуются **одновременно**.

Научная теория, хорошая научная теория, как и хорошая версия хорошего следователя, должна включать и объяснять **все** известные факты. Так вот, одним из таких фактов, которыми проверялась каждая теория происхождения планет, служит внутреннее тепло планеты.

Говоря откровенно, наука до сих пор не очень хорошо представляет себе, как устроены глубинные слои нашей планеты. До сих пор по этому поводу идут споры, выдвигаются и обсуждаются различные, часто взаимно исключающие друг друга гипотезы (пока только лишь гипотезы).

Что поделаешь? Познать процессы, протекающие от нас за десятки, а то и сотни световых лет, бывает подчас легче, чем узнать, что происходит у нас под ногами на глубине нескольких тысяч, а то и сотен километров. Ведь телескоп с легкостью пробивает толщу в миллиарды километров, отделяющую нас от какой-нибудь звезды, но не может заглянуть в глубь Земли даже на полсантиметра. Впрочем, он для этого и не предназначен. Но и

специальные приборы для исследования Земли отвечают на интересующие геологов вопросы далеко не с той точностью, какая нужна сегодня науке. С помощью специального сверхглубокого бурения можно проникнуть в земную кору на расстояние до полутора десятков километров. С помощью специальных взрывов можно «прощупать» планету в глубину на несколько десятков километров. Можно добыть сведения об электропроводности вещества на глубине в несколько сот километров. Пожалуй, все. Об остальном судят на основании различных косвенных измерений, выводов, предположений.

Однако что бы там в глубинных слоях планеты ни происходило, «хозяин» тех областей — высокая температура. Вулканическая лава, нагретая до нескольких сот градусов, — достаточно красноречивое тому подтверждение. С глубиной температура быстро растет — об этом говорят прямые замеры в глубоких и сверхглубоких скважинах, а также элементарная физика, справедливо утверждающая, что с повышением давления должна расти температура пород земной тверди.

Сегодня мы уже не просто предполагаем, а знаем с исчерпывающей полнотой, что раскалена внутри не только Земля, но и наши соседи по Солнечной системе, во всяком случае, ближайшие соседи. Явные следы извержения вулканов найдены на Луне, Марсе и Меркурии; на Луне советскому астроному Козыреву удалось даже наблюдать само извержение. На Луне и на Марсе проведены непосредственные измерения температуры поверхности и в скважинах (правда, пока неглубоких).

Невозможность объяснить происхождение глубинного тепла планет погубила те теории происхождения планетных систем, согласно которым планеты образовались из «своей» звезды уже после того, как звезда сформировалась, и следовательно, планеты должны были получить тепло от родительницы, так сказать, в готовом виде.

В предыдущей главе уже рассказывалось о расчетах Кельвина, расчетах, полностью подтвержденных многими другими учеными, расчетах, согласно которым расплавленный шар размером с Землю должен был совершенно остыть за каких-нибудь два с половиной десятка миллионов лет. Уничижительное «каких-нибудь» по отношению к внушающему почтение сроку 25 000 000 лет в данном случае оправдано, так как эти 25 миллионов лет — миг по сравнению с истинным возрастом нашей планеты.

А ведь Земля не только не остыла за свой немалый век — 4,5 миллиарда лет — но и сохранила, причем хорошо сохранила, глубинное тепло, которое, по утверждениям геологов, за последние несколько сотен миллионов лет остается на одном

уровне.

Стало быть, у Земли, как и у ее сестер и братьев по Солнечной системе, тепло свое, не заимствованное. А раз так, то какие печки поставляют это тепло? Что горит в этих печках и кто их кочегарит?

А печки и впрямь внушительные. За год из недр нашей планеты на ее поверхность поступает $2 \cdot 10^{18}$ — два миллиарда миллиардов — килоджоулей тепла. Это очень много. Для того чтобы выделилось такое количество тепла, надо сжечь 10^{14} — сто тысяч миллиардов — тонн хорошего каменного угля или $5 \cdot 10^{13}$ — пятьдесят тысяч миллиардов — тонн нефти. Столько угля и столько нефти не только не было добыто за всю историю человечества, но и, наверное, столько их не содержалось никогда в земных недрах.

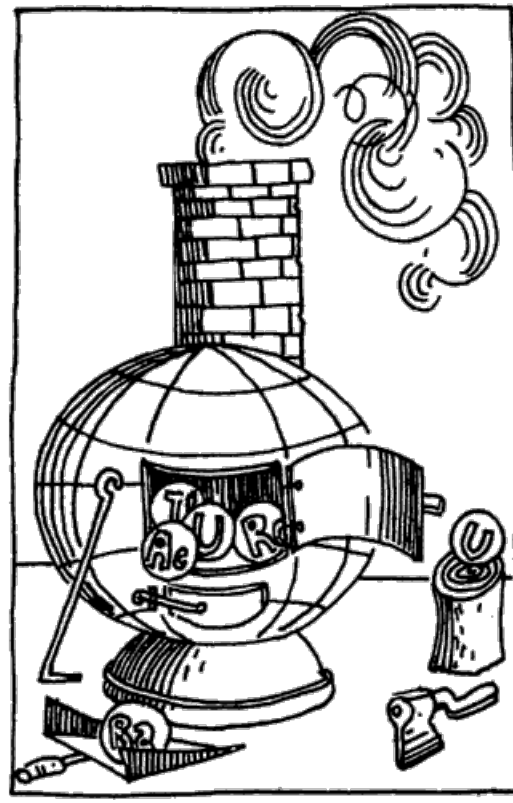
Единственное, даже напрашивающееся, указание на источник внутреннего планетного тепла дали исследователи радиоактивности. Им хорошо, еще с первых исследований этого явления, было известно, что радиоактивный распад сопровождается выделением тепла. Так, грамм урана в год выделяет 3 джоуля, грамм калия — 0,00002, две стотысячных джоуля.

Две стотысячных джоуля — величина ничтожная, да и три джоуля — не бог весть как много. Но урана в земной тверди достаточно много, а калия и вовсе астрономическое число тонн. А кроме того, имеются и другие радиоактивные элементы.

Словом, когда подсчитали, какое количество тепла должны выделять все радиоактивные элементы, находящиеся в земных недрах, получилось $2 \cdot 10^{18}$ килоджоулей. Совпадение из числа тех, которые принято сопровождать эпитетом «впечатляющее».

Оказывается, внутреннее тепло планет имеет радиоактивное происхождение. Каких-то «несчастных» джоулей, на которые раньше и внимания-то не обращали, вполне достаточно, чтобы поддерживать недра планет в расплавленном состоянии.

Теперь понятно, *что* горит в планетных печах и *кто* эти печи кочегарит? «Горят» радиоактивные элементы, кочегаром же служит радиоактивный распад.



Открытие источника внутреннего планетного тепла относится к числу тех основных аргументов, которые позволили с достаточной категоричностью утверждать, что Солнце и его спутники возникли примерно в одно время. А поскольку возраст Земли по радиоактивным часам был определен достаточно точно, стал известен и возраст Солнечной системы, и многое, очень многое о том, как вообще могут возникать планетные системы.

На страницах этой книги уже не раз приходилось вспоминать слово «мировоззрение». Разное оно может быть, мировоззрение.

Можно думать, что Земля — центр мироздания, а следует знать, что наша планета — малая из частиц безбрежной Вселенной.

Можно считать, что человек — предопределенное свыше творение «высшей силы», а следует знать, что человек — один из этапов развития органической жизни во Вселенной.

Можно предполагать, что образование планетных систем — редчайший, уникальный случай во Вселенной. Но можно стать и на иную точку зрения: образование планет — закономерное следствие процессов концентрирования материи в поле тяготения.

Разное оно бывает, мировоззрение…

* * *

Мал человек в сравнении со Вселенной, ничтожны его силы в сравнении с силами, вызывающими к жизни звезды, мал срок его жизни в сравнении с жизнью планет. Но всесилен его разум. Разум, благодаря которому уже сегодня, на заре развития человечества — потому что человечество будет существовать счастливо и долго, — человек доказал, что Вселенная бессмертна, что процессы, протекающие в ней, неизбежно ведут к обновлению, что во Вселенной всегда весна!

Глава IV
О Наполеоне Бонапарте, растворимости и многом другом

Мироздание, космогония, возраст Земли, происхождение элементов… Здесь радиоактивность сказала решающее слово. И вот еще одно обширное поле, к которому приложена деятельность радиоактивности — химия.

* * *

Известия с острова Святой Елены доходили скупо. Цензура свирепо вычеркивала из газет любое упоминание о низложенном императоре. И все же вся Франция и весь мир знали, что происходит на острове, затерявшемся в южной части Атлантического океана.

Нет, не все обстояло идиллически в резиденции Наполеона! Бывший император вел размеренный образ жизни, принимал последовавших за ним в ссылку подчиненных, ежедневно выезжал на конные прогулки, устраивал приемы, диктовал письма и мемуары.

Но борьба императора с Англией не прекращалась. Правда, теперь ему противостояла не великая морская держава, а всего лишь худосочный гарнизон Джемстоуна, добрая половина офицеров которого, кстати, относилась к Наполеону с нескрываемой почтительностью. А переговоры Наполеон должен был вести не с правительством Георга III, не с хитрым и

велеречивым Питом Младшим, не с изворотливым Персевалем, а всего-навсего с губернатором острова — тупым и ограниченным служакой Гудсоном Лоу.

Наполеон презирал губернатора. Он отказывался принимать его в своей резиденции, а на неискренние приглашения отобедать разражался солдатской бранью такого свойства, что маршал Бертран и генерал Монтолон поспешно уводили своих жен.

Гудсон Лоу смертельно ненавидел своего пленника, ненавидел и… боялся. Он боялся этого человека, которого, по крайней мере внешне, не сломили ни потеря престола, ни позорное пленение. Он трусил перед всяким письмом, которое шло с острова в Европу и из Европы на остров: поди узнай, в каком из писем содержатся зашифрованные планы побега, а в каком — насмешки над его, Гудсона Лоу, персоной. В каждом приходившем к острову корабле ему чудился флот повстанцев, приплывший сюда, чтобы освободить императора.

А кроме того, бог мой, сколько еще ему, Гудсону Лоу, сидеть на этом острове?! И ведь никаких надежд, что можно будет скоро вернуться в Европу. Наполеону идет всего 52-й год. И здоровье его, закаленное в многочисленных кампаниях, не позволяет губернатору надеяться на скорый отъезд в Англию.

Но вот в конце 1820 года император занемог. Он прекратил прогулки. Доктор Антомарки, полуграмотный знахарь, специально присланный из Франции для наблюдения за здоровьем Наполеона, озабоченно ходит по комнатам императорской резиденции и невнятно шепчет латинские слова, не забывая поглядывать, какое впечатление это производит на окружающих.

К весне диагноз как будто бы прояснился: рак. Эта болезнь считалась в семье Наполеона наследственной. От нее в сравнительно молодом возрасте умер отец императора Карло Бонапарте. Диагноз не сочли нужным скрыть от больного, и тот, сильно страдая от болей, все же находил силы подшучивать над своей болезнью. Но как ни был озабочен мосье Антомарки, как ни крепился больной, роковой исход был близок: в начале мая 1821 года император скончался.

Спустя несколько недель губернатор Святой Елены отбыл в Европу, где его ждали почести, награды и новое назначение. На том же корабле следовал мосье Антомарки, который, запершись в каюте, уже не бормотал заумную латынь, а отчетливо, хотя и гнусаво, пел скабрезные провансальские песни…

Следствие по делу о смерти Наполеона Бонапарта, родившегося 15 августа 1769 года на острове Корсика и скончавшегося 5 мая 1821 года на острове Святой Елены,

началось в английском городе Глазго спустя 140 лет после кончины императора.

Впрочем, английское правительство ничего не знало о начавшемся расследовании. Оставались в неведении и судебные органы: прокурор не возбуждал подобного дела и ни в один из полицейских участков не поступали просьбы наследников о выяснении обстоятельств смерти человека по имени Наполеон Бонапарт.

Могли подозревать кое-что лишь хранители музейных коллекций. Именно они получили в последнее время письма, текст которых весьма озадачивал: «Не может ли глубокоуважаемый мистер имя рек подарить авторам письма несколько волосков императора Наполеона Бонапарте, если, разумеется, таковые хранятся в собраниях, опекаемых почтенным адресатом? Искренне Ваши Х. Смит и С. Форшуфвуд, врачи факультетской клиники Глазго».

Но мало ли что могут коллекционировать любители?

Между тем Смит и Форшуфвуд занялись поисками волос Наполеона всерьез. После того, как из всех музеев были получены отказы, иногда пространные, иногда сухие, иногда иронические, иногда безразличные, но неизменно вежливые, коллеги решили обратиться к верному средству — газетным объявлениям. Чего только нельзя получить через газетные объявления! И спустя несколько дней воодушевленные коллеги держали в руках редкую реликвию: несколько отлично сохранившихся волосков, срезанных с головы императора через два-три часа после его кончины. Это было именно то, что нужно.

У Смита и Форшуфвуда имелись все основания заниматься поисками волос Наполеона. Они недавно закончили исследование, результаты которого показали: мышьяк, попавший в организм человека, накапливается в волосах. Вот почему было решено использовать это обстоятельство для выяснения причин смерти Наполеона.

Ведь версия о раке желудка давно внушала недоверие. Не говоря о том, что рак — болезнь не наследственная, клиническая картина, описанная приближенными из свиты Наполеона, говорила скорее не о раке, а о самом обычном и даже не очень искусно обставленном отравлении. Недаром в завещании, продиктованном за неделю до смерти, Наполеон писал: «Я умираю не своей смертью. Меня убила английская олигархия и ее наемный убийца». Раньше эти слова толковали в образном их смысле. А что, если император говорил прямо, без обиняков?

В прошлом веке было уже известно достаточное количество всевозможных ядов, но самым верным и самым испытанным оставался древнейший из них: мышьяк. Да и некоторые

подробности, приводимые в мемуарах, заставляли предполагать, что здесь дело не обошлось без мышьяка. Вот почему надлежало определить, содержится ли в волосах Наполеона мышьяк.

Волосы были переданы специально приехавшему в Англию для исследований по делу Наполеона шведскому физику А. Вассену. А спустя несколько дней в урановый реактор английского атомного исследовательского центра в Харуэлле был помещен алюминиевый цилиндр, в котором находились драгоценные волоски. Прошло еще три дня — и подтвердились худшие предположения.

Да, император, несомненно, был отравлен. Содержание мышьяка в волосах Наполеона в 13 раз (в тринадцать!) превышало норму. Похоже, что к пище английского пленника примешивали дозы яда, способные отправить на тот свет не одного здоровяка гренадера.

Оставалось, правда, неясным, отравили ли императора сразу, доброй порцией яда, или давали мышьяк малыми порциями на протяжении длительного времени. Неясно-то неясно, но ведь и свидетелей по этому делу не допросишь… Свидетели и впрямь помочь не могли, но оказалось, что и более чем столетие спустя можно отыскать улики.

Через пару дней после того как в газетах появились первые публикации об исследованиях в Харуэлле, в Глазго первым утренним поездом приехал, нет, примчался пожилой почтенный господин, отрекомендовавшийся отставным полковником Мэдсоном. Полковник сообщил, что в его семье, переходя от поколения к поколению, хранится как реликвия связка волос Наполеона, остриженных с головы низложенного императора незадолго до его кончины. Ради истины он готов пожертвовать реликвией и надеется, что наследники его поймут.

Впрочем, от полковника Мэдсона большого самопожертвования не потребовалось, реликвия осталась почти невредимой — Вассен взял всего несколько волосков, что оказалось с лихвой достаточно для совершенно четких заключений.

Волоски были разрезаны на участки, каждый из которых соответствовал двум неделям жизни их обладателя. Отрезки были помещены в ядерный реактор, и последующее исследование показало, что на протяжении по меньшей мере последнего года жизни бывший император регулярно получал добрые дозы мышьяка. Яд, постепенно накапливаясь в организме, привел к роковому исходу.

Кто же убил Наполеона? Кому это было необходимо? Многим, слишком многим! Но ведь свидетелей по этому делу уже

не допросишь. А то, что очень весел был губернатор Гудсон Лоу, возвращаясь в Англию, и что уж слишком громко распевал песни в своей каюте Антомарки, этого к делу не подошьешь. Мало ли чему могли радоваться эти господа. Хорошей погоде? Отличному обеду? Выигрышу в баккара? Или…

* * *

Пока читателю, конечно, непонятно, зачем здесь, в книге о радиоактивности, рассказывается об обстоятельствах, которые свели в могилу низложенного императора Франции. Правда, мельком дважды упоминался ядерный реактор. Но остается неясным, к чему он и как с его помощью можно установить, что причиной смерти Бонапарта был именно мышьяк.

* * *

Чем меньше изучаемый объект, тем более изощренным и сложным должен быть прибор, предназначенный для его изучения. Это утверждение, смахивающее на своеобразный естественно-научный закон (но тем не менее никак не претендующее на столь высокий ранг), может быть подтверждено многими примерами.

Биолог, которого вы попросите продемонстрировать одноклеточный организм, подвинет к вам обычный школьный микроскоп, размером чуть больше портативного радиоприемника и весом несколько килограммов. Микроскоп, позволяющий рассматривать внутриклеточную структуру, куда более внушительное устройство — со множеством объективов, с лампами и лампочками, проводами и проводочками, полками и полочками. Для изучения же вирусов применяется электронный микроскоп — сооружение, занимающее отдельную немалую комнату и работа на котором сложностью своей внушает смешанное чувство уважения и робости.

А что говорить об исследованиях вещества в физических или химических лабораториях! Здесь наш закон оправдывается на каждом шагу.

Чтобы взвесить грамм вещества, вполне достаточно обычных

весов, например аптечных (таких, какие держит в правой руке богиня правосудия Фемида; прибор, как понимаете, несложный).

Определить точный вес крупинки в несколько тысячных долей грамма — задача посложнее. Для этого необходимы аналитические весы. Такие весы — сложное сооружение, состоящее из нескольких сот деталей и покрытое стеклянным колпаком (чтобы, упаси боже, не попала пыль).

Но весы, позволяющие взвешивать с точностью до одной миллионной доли грамма, размерами походят на магазинный холодильник. Работа с ними требует таких предосторожностей, что одно перечисление их занимает три страницы убористого текста.

А как обстоит дело с определением еще меньших количеств веществ? Ну, скажем, 10^{-7}-10^{-10} долей грамма. Для этого служит прибор, называемый масс-спектрографом. Впрочем, просто прибором его назвать неудобно. Это громадная установка, которая, даже не работая, внушает благоговейное почтение. Но когда она работает, тогда…

Тогда у масс-спектрографа хлопочут двое, а то и трое операторов. Они прислуживают ему с беззаветной преданностью и самопожертвованием. У них бездна различных обязанностей. Они должны накормить масс-спектрограф электроэнергией, напоить его жидким азотом, одеть в глубокий вакуум. Но они не ропщут на своего «повелителя». Они благодарны ему за каждое верное показание. Ох, как благодарны! Это я знаю точно: сам работал на масс-спектрографе и скажу, что эти дни отнюдь не самые радостные в моей жизни.

Итак, можно считать, что закон, сформулированный в начале этого раздела, бесспорно соблюдается.

А сейчас познакомимся с прибором, позволяющим наблюдать за отдельными атомами, то есть за совершенно ничтожным количеством вещества — примерно в 10^{-21} грамма. Очевидно, что более мелких объектов (для химика, во всяком случае) быть уже не может.

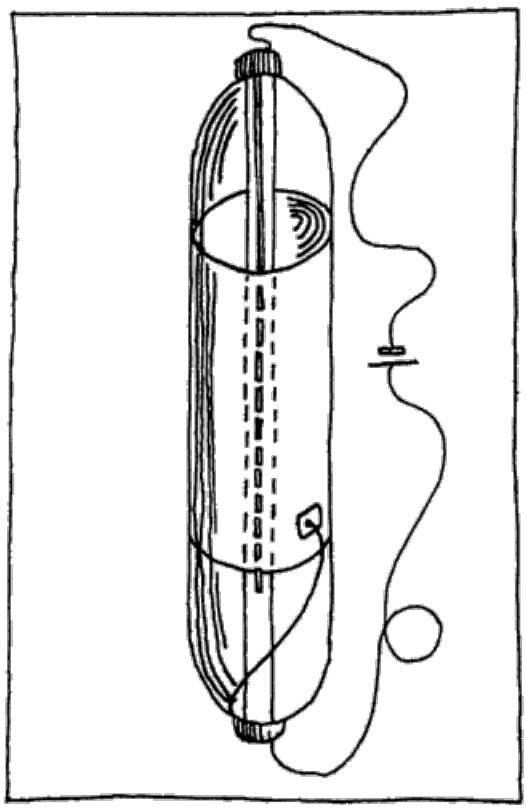
Запаянная с обоих концов стеклянная трубочка, именно трубочка, а не трубка. Внутри трубочки тоненькая, с волос, проволочка. Впаянные в трубку электроды. Все вместе это называется счетчиком радиоактивного излучения Гейгера — Мюллера и является блестящим опровержением столь поспешно сформулированного мною закона.

Именно этот счетчик позволяет регистрировать радиоактивный распад одного отдельного (одного!) атома. Достигается это за счет остроумного приема.

Нитка, протянутая вдоль оси счетчика, присоединена к

одному из электродов. Другой электрод ни к чему не присоединен. Упирается, так сказать, в пустоту. Впрочем, в «пустоту» — сказано не совсем верно. Потому что в счетчике отнюдь не пустота. Заполнен он каким-либо инертным газом, например аргоном, к которому примешано некоторое количество паров спирта или йода.

Чтобы счетчик мог действовать, к его электродам подводят высокое напряжение. Из рисунка видно, что размеры каждого из электродов сильно разнятся; один из них — довольно солидная по размерам металлическая пластинка, а другой — тонюсенькая ниточка. И в этом-то различии — вся изюминка счетчиков Гейгера. Потому что при включении счетчика создаются около электродов поля неоднородной напряженности.



Этот скучный термин станет абсолютно понятным, если вспомнить то, чему всех нас учили в школе на уроках физики. Вокруг любого заряженного предмета создается электрическое поле. И понятно, что напряженность электрического поля вокруг электрода-нити во много-много раз больше, чем вокруг электрода-пластинки. Запомним это.

Когда в счетчик попадает радиоактивный снаряд, вылетевший из распадающегося ядра (скажем, гамма-квант), то он, преодолев стеклянную ограду, попадает во внутреннее пространство счетчика. Здесь на своем пути частица обязательно повстречает молекулу газа и ионизирует ее, иными словами — разобьет на части: положительную и отрицательную.

Предположим, что электрод-нить заряжен положительно, электрод-пластинка — отрицательно. Тогда образовавшаяся пара ионов поведет себя по-разному: положительный ион будет притягиваться пластинкой, а отрицательный — нитью. Но напряженность поля у пластинки гораздо меньше, чем у нити. Поэтому положительный ион движется к пластинке с неторопливостью толстяка, только что прикончившего двойной обед. Зато отрицательный ион ринется к нити со скоростью курьерского поезда.

Сравнение это не очень точное. Потому что отрицательный ион несется к нити со скоростью, превышающей скорость поезда раз… в 50, не меньше.

Представьте себе поезд, мчащийся со скоростью не меньшей, чем километр в секунду, и сталкивающийся при этом с другим поездом. Говорите, полетят осколки? Так почему же по-иному должны вести себя молекулы?

Стремительно летящий к нити ион на своем пути сталкивается с молекулами газа и разбивает их, если не вдребезги, то по крайней мере на две части: положительную и отрицательную. При этом вновь образовавшийся положительный ион поплетется к пластинке, а отрицательный устремится за своим отрицательно заряженным коллегой.

Чем ближе к нити, тем выше скорость. Поэтому дружная пара отрицательных ионов с еще большей силой врезается в подвернувшиеся на пути молекулы газа. Образуется уже четыре иона. Через неуловимую долю секунды их уже будет восемь, потом шестнадцать, а затем количество ионов неумолимо нарастает, точно так же, как число зерен пшеницы в известной легенде о хитроумном изобретателе шахматной игры и жадном правителе.

Вот почему к нити подходит уже солидная компания отрицательных ионов — несколько миллионов, а то и больше. При столкновении отрицательных ионов с положительно заряженной нитью происходит разряд, и поскольку количество ионов, повторяю, весьма велико, то этот разряд может быть зафиксирован специальным и, кстати, не очень сложным устройством. Вот и все.

Как видим, счетчик Гейгера — Мюллера устроен просто, но

очень хитро: один-единственный ион он превращает в несколько миллионов. И поэтому такой своеобразный микроскоп позволяет регистрировать распад одного отдельного атома.

Физика и химия не знают другого прибора, который был бы столь же простым и позволял в то же время определять такой ничтожный эффект, как распад отдельного атома.

Итак, с помощью радиоактивности можно определить то наименьшее количество вещества, меньше которого оно, собственно говоря, уже перестает быть веществом. Последняя фраза походит на каламбур. Но если вы расщепите атом, то это будет уже не тот элемент, который вас интересовал, а совсем другой. Поэтому химическим пределом вещества является именно атом. А что получается дальше — это уже забота физики.

Был бы атом элемента радиоактивен, а обнаружить его благодаря такому отличию несложно. Но вот ведь беда — далеко не все элементы радиоактивны, во всяком случае в такой степени, чтобы можно было достаточно быстро уловить акт распада атома элемента. Поэтому с помощью измерения радиоактивности можно определить ничтожные в весовом выражении количества лишь элементов с ярко выраженными радиоактивными свойствами — радия, полония, радона, тория, урана. Но ведь это лишь малая доля всех известных нам естественных химических элементов. Как же быть с остальными?

* * *

Формула «не ждать милостей от природы» в настоящее время, когда беспокойство за природу (называемой в таких случаях по-канцелярски официально «окружающей средой») стало осознанным, звучит не столь завораживающе, не столь бесспорно, как, скажем, лет 40–50 назад. И тем не менее рискну заметить, что по отношению к той проблеме, о которой сейчас пойдет речь, эти «не ждать милостей…» звучат актуально, очень уместно.

* * *

Если мы захотим обозреть средства, которыми пользовались

ученые для расщепления атомных ядер на заре развития атомной физики, то можно будет только дивиться скудости и малоэффективности этого арсенала. Альфа-частица (ядро атома гелия) и протон (ядро атома водорода). Вот и все.

Быть может, в моих словах не содержится достаточной почтительности к испытанным и верным солдатам — ветеранам ядерной физики: альфа-частице и протону. Но полагаю, они меня извинят. Извинят, потому что сами признают свою малую эффективность для получения сколь-нибудь больших количеств искусственных элементов.

В самом деле, представим себе, как происходит обстрел атомных ядер этими снарядами. Вот летит нацеленная в ядро положительно заряженная альфа-частица. Первое препятствие на ее пути — электронная оболочка атома: каждый из вращающихся вокруг ядра электронов, притягиваясь (закон Кулона!) к ядерному снаряду — альфа-частице, — урывает свою долю ее энергии движения.

Прорвавшись через ограду, воздвигнутую электронами, альфа-частица продолжает путь к ядру уже значительно менее резво, чем прежде. Однако главные испытания альфа-частицы еще предстоят — ведь мишень, в которую она направлена, атомное ядро, заряжена так же, как и снаряд — положительно. И поэтому мишень всеми силами отталкивает летящий в нее снаряд. Отталкивание может быть настолько сильным, что снаряд подходит к цели, совсем потеряв скорость. Понятно, что ядерная реакция при этом произойти не может.

Но случается подчас и совсем неожиданное: подойдя к ядру, альфа-частица разворачивается и летит в обратном направлении (энергия отталкивания значительно превысила энергию, с которой альфа-частица подлетала к ядру). Не сомневаюсь, что такие снаряды смутили бы самого отважного из артиллеристов.

Однако физикам не приходится ни смущаться, ни унывать: они сконструировали ускорители, в которых ядерные снаряды разгонялись до таких скоростей, что без труда преодолевали все кулоновские преграды — и электроны, и ядра.

В начале 30-х годов был открыт превосходный снаряд для целей ядерной бомбардировки — нейтрон. Не обладая никаким зарядом, он с полным равнодушием проходит через рой суетящихся вокруг ядра электронов, невозмутимо приближается к ядру и так же спокойно внедряется в него, увеличивая его атомную массу на единицу. При этом энергия ядра, естественно, увеличивается, и это становится причиной его последующей радиоактивности.

Радиоактивности — в этом все дело. Потому что при ядерных

реакциях, в частности реакциях с участием нейтронов, образуются искусственные радиоактивные изотопы химических элементов.

Впрочем, сдается, я несколько идеализировал свойства нейтрона как ядерного снаряда. Чтобы осуществилась ядерная реакция, нейтрон все же должен двигаться с хорошей скоростью, иначе при столкновении с ядром он не внедрится в него, а отскочит, подобно теннисному мячику. Поэтому нередко нейтронам необходимо для целей ядерной бомбардировки сообщать энергию, и притом довольно значительную. Значит, и нейтроны следует разгонять в ускорит… Стоп, нейтроны ведь в ускорителях не разгонишь! Оно и понятно: нейтроны не заряжены и поэтому не реагируют на внешнее электрическое поле.

Вот почему физики должны были изыскивать какие-то способы ускорения нейтронов. Один из них был найден достаточно быстро. Я бы назвал этот способ биллиардным. Не претендую на то, чтобы это определение вошло в учебники, но суть дела оно все-таки передает.

Берут сплав какого-либо естественного радиоактивного элемента, испускающего альфа-частицы (например, радия или полония), с бериллием — элементом, ядра атомов которого богаты нейтронами. Альфа-частицы, ударяясь о ядра бериллия (а вылетают альфа-частицы из ядер атомов радия либо полония со скоростью около 15 тысяч километров в секунду — об этом уже упоминалось в одной из предыдущих глав), выбивают из них нейтроны, которые при этом также приобретают солидную скорость.

Но много нейтронов, или прибегая к терминологии физиков, солидный поток нейтронов таким способом не получить. Радий — один из редчайших элементов, полоний — и вовсе экзотика. Для лабораторных экспериментов подобные источники нейтронов еще годятся, но для промышленного получения искусственных радиоактивных изотопов конечно же нет.

Теперь понятно, почему химики сочли такими благодатными возможности, которые представили им ядерные реакторы. При делении урана в реакторах высвобождается громадное количество нейтронов. Даже в сравнительно небольших по размеру атомных реакторах через квадратный сантиметр его сечения проходят за секунду десятки, а то и сотни миллиардов нейтронов.

Достаточно поместить в реактор (либо в специальную камеру, куда отводятся нейтроны) какой-либо элемент, как в большинстве случаев, спустя определенное время, образуется искусственный радиоактивный изотоп этого элемента.

* * *

Сейчас трудно назвать область человеческой деятельности, куда в той или иной мере не проник химический анализ. Анализируют пищевые продукты, прежде чем отправить их потребителям; анализируют лекарства, прежде чем предложить их больному; анализируют воздух в шахте, прежде чем разрешить шахтерам спуск под землю; анализируют духи и серную кислоту, металлические сплавы и мороженое, воду для бассейнов и гранит для памятников. И почти всегда химикам нужно определять малые и даже сверхмалые примеси «чего-то» к «чему-то другому, основному». И главное, проводить это определение быстро. Очень быстро. И еще быстрей.

* * *

Достаточно одного примера. Металлургический завод. Идет плавка, и надо знать, когда ее завершать — в полной ли мере прошли все химические процессы, в результате которых образуется металл; все ли и в необходимом ли соотношении компоненты присутствуют в готовом металле и еще многое другое, о чем подробно повествуют специальные учебники и монографии.

Решающее слово о готовности металла на заводах вопреки распространенному в литературе и кинематографе средней руки штампу принадлежит не усатому сталевару, а молоденькой лаборантке из цеховой контрольно-аналитической лаборатории. Именно она, отобрав пробу металла, относит ее в лабораторию, откуда через … минут поступает решение: металл готов, необходимо добавить молибден и т. п.

Точки перед словом «минуты» в предыдущем абзаце поставлены намеренно. Потому что число перед этим словом кажется производственникам непомерно большим, а химикам — жалко мизерным.

Правы и те, и другие. Металлургам необходимо знать содержание в сплаве 8–10 элементов, а нередко — и больше. Химики же должны провести анализ сплава, причем по каждому из компонентов; причем с должной точностью; причем как можно быстрее. Последнее требование особенно драматично. Пока не

выдан анализ, металлурги не могут выпускать жидкий сплав. А ведь за это время можно было бы начать новую плавку.

— И вообще химическая лаборатория держит меня за горло! — с трагедийными интонациями любит говаривать на производственных совещаниях начальник цеха. При этих словах все присутствующие неизменно оборачиваются и осуждающе сурово смотрят на заведующую химлабораторией, худенькую девчушку, закончившую университет в прошлом году и умудрившуюся воздействовать на самого начальника цеха.

Завершает свою обличительную речь начальник цеха, как правило, требованием, чтобы химики, наконец, взяли обязательства проводить свои анализы быстрее.

Выступление заведующей лабораторией воспринимается как неприкрытое намерение безответственно оправдаться.

— Химический анализ основан на реакциях, скорость которых зависит от природы участвующих в них веществ, — начинает свою речь заведующая лабораторией, пытаясь этой непреложной истиной воздействовать на разгневанных металлургов. Но потом не выдерживает и срывается: — Что я могу сделать, если реакции не хотят идти быстрее?

Над этим риторическим вопросом задумывалась не только героиня нашего маленького рассказа, но и размышлял каждый из химиков, имевших отношение к химическому анализу. И именно поэтому известия о том, что облучение нейтронами приводит к образованию искусственных радиоактивных изотопов, вызвали у них повышенный интерес.

Идея метода анализа, основанного на образовании радиоизотопов при облучении нейтронами — радиоактивационного, или просто активационного анализа, — достаточно проста. Пусть в исследуемом веществе имеется в качестве составной части или примеси какой-либо элемент, содержание которого требуется узнать. Образец подвергается облучению нейтронами, активации, определяемый элемент превращается в соответствующий радиоактивный изотоп, причем уровень наведенной радиоактивности будет тем выше, чем больше этого элемента в исследуемом образце. И поэтому сложные химические манипуляции: растворение, взвешивание, фильтрование, упаривание и т. п. — можно заменить всего одной операцией — измерением радиоактивности. А это свойство, как мы помним, определяется быстро и, главное, точно.

В последних фразах выражена «соль» активационного анализа, которая, однако, далеко не исчерпывает всех его возможностей и преимуществ.

Доведенная едва ли не до пределов возможного чувствительность приборов по измерению радиоактивности дает химикам возможность обнаруживать в анализируемых образцах настолько малые примеси посторонних элементов, что и эпитет к слову «примесь» подобрать, честно говоря, трудно.

В таблице, где приводятся данные по минимальным количествам различных элементов, которые могут быть обнаружены с помощью активационного анализа, против мышьяка значится $5 \cdot 10^{-11}$ г. на грамм исследуемого образца. Пять стомиллиардных грамма на грамм образца! Поверьте, что восклицательный знак в последней фразе я поставил не зря. Ни один иной метод анализа, а современная аналитическая химия насчитывает их не один десяток, не может не только сравниться по чувствительности с радиоактивационным анализом, но даже и стать рядом с ним. Ведь если предположить, что химик решится проанализировать вещество с таким содержанием мышьяка обычным, традиционным способом и сможет полностью выделить мышьяк из анализируемого образца, то для того, чтобы ничтожно слабо качнулись стрелки аналитических весов, на чашу которых он положит выделенный мышьяк, ему надо будет взять для

переработки и выделения мышьяка… 10 (десять!) тонн (тонн!) исследуемого образца.

Понятно теперь, почему вспоминался атомный реактор в истории с раскрытием обстоятельств смерти Наполеона?

В волосах давно скончавшегося императора следовало отыскать мышьяк, накапливающийся там при поступлении этого яда в организм человека. Но это только так говорится — «накапливающийся». О «накоплении» здесь можно вести речь лишь в том смысле, что в волосах человека, отравленного мышьяком, этого элемента больше, чем в волосах человека, не вкусившего этого сомнительного продукта. А слово «больше» означает в данном случае одну миллионную долю процента, а скорее всего, и того меньше. Но такое малое содержание этого элемента в исследуемом образце, как мы видели, для радиоактивационного анализа не помеха.

Помещая волосы из негустой шевелюры Наполеона в ядерный реактор и облучая их там нейтронами, исследователи превратили обычный мышьяк в его радиоактивный изотоп и по интенсивности излучения определили содержание искомого элемента, а определив, пришли к выводу об обстоятельствах смерти человека, который сумел покорить почти всю Европу, но кончил плохо — задолго до того, как его решили отправить на тот свет с помощью опробованного веками средства…

Эта с детективным привкусом история о Наполеоне понадобилась мне для «затравки» разговора о радиоактивационном анализе. В подавляющем же большинстве случаев этот метод анализа находит гораздо более прозаическое, но зато и более полезное применение.

Сегодня чистые и сверхчистые вещества применяются во многих областях науки и техники. Достаточно назвать лишь одну область их применения — полупроводники, чтобы важность проблемы сверхчистых веществ стала очевидной.

Но далеко не все знают, чего стоит химикам получить материалы, которые могут быть использованы для полупроводников. Вот хотя бы такой распространенный полупроводниковый материал, как германий. Отличный полупроводник, но прибавьте к нему ничтожную примесь некоторых элементов — и его полупроводниковые свойства станут значительно хуже, а то и вовсе исчезнут. Эти примеси «убивают» полупроводник, как убивает человека цианистый калий. Пример этот тем более уместен, что и в том, и в другом случае для рокового исхода необходимо очень малое количество яда.

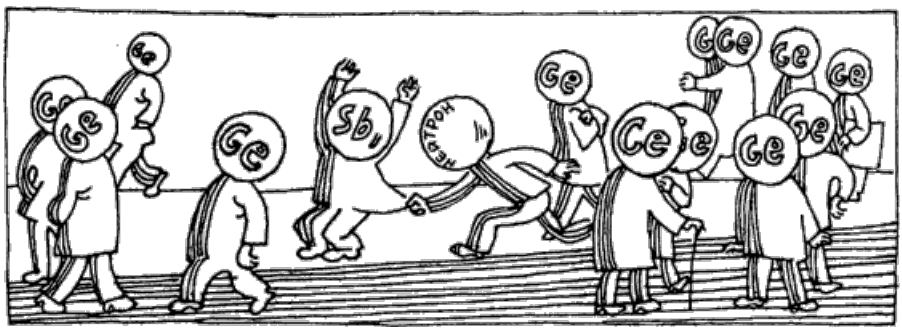
Впрочем, для германия «яда» нужно гораздо меньше. Человек

погибает от доз цианистого калия весом приблизительно в одну десятую долю грамма. Полупроводниковые свойства германия «убивает» примесь сурьмы в два атома на… тысячу миллиардов атомов германия.

Для того чтобы обезвредить врага, надо его выследить. Попробуйте отыскать злоумышленника, если он затерялся среди миллиардов людей, живущих на Земле. И может с равным успехом находиться на Аляске или в Сингапуре, в Лхасе и в Сиднее. Полагаю, что от подобных заведомо безуспешных поисков отказался бы и знаменитый Шерлок Холмс, даже если бы его помощником был не простодушный Ватсон, а видящий на две сажени в глубь человеческой психики Мегрэ.

Но радиоактивный анализ позволяет любому химику стать куда более проницательным, чем прославленному английскому детективу.

Химик при этом использует различное отношение германия и сурьмы к нейтронам. В то время как германий пропускает мимо себя нейтроны, испытывая к ним глубокое равнодушие, сурьма жадно захватывает каждый нейтрон, попавший в ее владения. Вот почему при облучении потоком нейтронов образца германия, содержащего примесь сурьмы, преимущественно радиоактивными становятся атомы именно примеси.



Если же некоторая часть германия тоже станет радиоактивной — не беда! Период полураспада образующегося при этом искусственного радиоактивного изотопа германия немногим больше суток. Искусственный же радиоактивный изотоп сурьмы распадается наполовину почти за 100 дней. Можно поэтому выждать немного, пока распадется весь радиоактивный германий, и ничто уже не помешает измерить радиоактивность сурьмы.

Таким образом, при облучении нейтронами ничтожнейшая примесь сурьмы к германию выдаст себя с неизбежностью. Ну, а если враг обнаружен, половина дела сделана.

О радиоактивационном анализе можно рассказывать много, и такой разговор будет неизменно поучительным, потому что приложения этого метода анализа, основанного на наведенной радиоактивности, многообразны и разносторонни. Поэтому, вспомнив, что мы покинули начальника цеха на металлургическом комбинате и заведующую цеховой лабораторией в разгар конфликта между ними, попробуем наладить психологический климат в этом коллективе.

При облучении вещества нейтронами активируется, конечно, не один определенный элемент, а большинство элементов, составляющих массу исследуемого образца. Как ни странно, это обстоятельство играет на руку методу активационного анализа. Дело в том, что каждый радиоактивный элемент испускает лучи строго определенной энергии. Энергия, которую несут на себе кванты гамма-лучей радиоактивного кобальта, отличается от энергии лучей радиоактивного цезия.

Физики разработали устройства, которые называются многоканальными анализаторами. Канал — это счетчик радиоактивного излучения, регистрирующий кванты строго определенной энергии, иными словами, каждый канал регистрирует излучение только одного радиоактивного элемента. И если вам предстоит проанализировать металлический сплав, состоящий даже из 15 компонентов, — не беда. Нейтроны активируют все 15 металлов, а затем многоканальный анализатор разложит «по полочкам» излучение от каждого из элементов и сообщит вам результаты анализа, напечатанные красивым шрифтом на перфорационной ленте. И все это за несколько минут.

Для того, чтобы осуществить активационный анализ, нет нужды прибегать к ядерному реактору, что очень важно — ведь не будешь строить это громоздкое и дорогое устройство в каждом цехе. Давно придуман еще один, так сказать, нерадиоактивный, метод добычи нейтронов. Это особые лампы, заполненные тритием — сверхтяжелым изотопом водорода с массовым числом 3. Понятно, что в ядрах трития имеется явный избыток нейтронов (ядро атома водорода состоит из одного протона; в тяжелом водороде — дейтерии — на каждый протон приходится по одному нейтрону, а в тритии на один протон — по два нейтрона). Вот почему если разогнать ион трития в магнитном поле, а затем направить его на какую-нибудь преграду, то при последующем соударении из трития, как семечки из спелого арбуза, брызнут нейтроны.

Тритиевые лампы невелики, недороги и просты в обращении, а для широкого распространения их в промышленности — это

обстоятельство немаловажное.

От выявления причин смерти Наполеона до анализа полупроводников и металлических сплавов — таков диапазон применения радиоактивационного анализа. Удивительно? После всего рассказанного — вряд ли. А может быть, все же удивительно?

* * *

На нескольких страницах будет рассказано о меченых атомах, о том, как, кто и чем их пометил. Всего на нескольких страницах. А интересного и поучительного здесь столько, что можно было бы посвятить меченым атомам целую книгу. Собственно, такие книги уже написаны. И не одна. Жаль, правда, что эти книги адресованы, главным образом, специалистам. Но даже из того, о чем здесь будет рассказано, пусть и без подробностей, станет очевидным, что меченые атомы принесли современной науке очень многое.

* * *

Пожилые профессора, поднаторевшие во всякого рода заседаниях и дискуссиях, знали: если начинается спор о реакции этерификации, можно уходить. Вот почему, когда после очередного научного доклада кто-нибудь из сотрудников произносил сакраментальное выражение «механизм реакции этерификации», добрая половина аудитории покидала свои места и направлялась к выходу. При этом на лицах выходящих было написано: «И охота же людям терять время попусту!»

Да, пожилые профессора были умудрены жизненным опытом. Они знали, что вот эти самые молодые люди, которые спорят сейчас у доски, невежливо выхватывая друг у друга мел, разойдутся нескоро. А решение вопроса так и останется за семью замками. Добро бы еще за семью! С семью замками справиться можно: к иным подобрать ключ, к другим — отмычки, третьи и вовсе сломать. А здесь этих замков — не сосчитать. Нет, уж лучше держаться подальше от реакции этерификации.

Самым обидным было, что скептики оказывались неизменно

правыми.

Спустя часа три участники очередной дискуссии расходились охрипшие и злые. Злые друг на друга, на самих себя, на природу, которая не оставила даже узенькой лазейки, чтобы помочь разобраться в том, как все же протекает эта реакция этерификации.

И была бы тайна как тайна! Скажем, как Тунгусский метеорит или чудище из шотландского озера Лох-Несс. Так нет же, реакция, подобная тысяче других. И все же загадочная.

Тут придется от лирических восклицаний перейти к существу дела. Придется написать уравнение химической реакции. И даже не одно. Допускаю, что химические уравнения не повышают интереса к книге. Но ведь это все же научно (научно!) — художественная книга, а не «Похождения Нила Кручинина». Поэтому уравнения я приведу — и для того, чтобы было ясно, о чем, собственно, идет речь, и для того, чтобы было над чем поразмыслить.

Вот она, эта реакция этерификации. Собственно, реакций этерификации может быть великое множество. Взаимодействие любого спирта с любой кислотой — реакция этерификации. Хотя бы метилового спирта с уксусной кислотой:

$$CH_3OH + HOOCCH_3 = CH_3OOCCH_3 + H_2O.$$

Вот и вся реакция. Взаимодействует спирт с кислотой, образуется эфир и вода. Просто? Как смотреть. Внешне оно как будто бы и просто. А если посмотреть поглубже, то…

Если посмотреть поглубже, то оказывается, что реакция этерификации может идти двумя путями:

Первый:

$$CH_3OH + H\,OOCCH_3 = CH_3OOCCH_3 + H_2O.$$

Второй:

$$CH_3OH + HO\,OCCH_3 = CH_3OOCCH_3 + H_2O.$$

Кто говорит, что различия нет? Есть, и большое. Если этерификация идет первым путем, кислород в образующейся в результате реакции воде произошел из спирта. Если же реакция идет по второй схеме, кислород, который сейчас находится в воде, раньше был не в спирте, а в кислоте.

Прошу поверить мне на слово, что для химиков это различие было преисполнено глубокого смысла. Потому что многие важные, очень важные проблемы теоретической химии решались

совершенно по-разному в зависимости от того, какая из этих двух схем верна.

Но вот какая именно справедлива — этого никто не мог сказать.

В самом деле, как определить, где находился прежде кислород воды — в спирте или в кислоте. Ведь кислород что в спирте, что в кислоте — одинаков. Один и тот же порядковый номер, одно и то же число абсолютно одинаковых электронов на абсолютно тождественных орбитах.

Теперь понятно, почему хрипли в безнадежных спорах химики, тратя попусту мел и время? Теперь понятно, почему сокрушенно машут рукой пожилые профессора, пробираясь к выходу? Пойдем за ними и мы.

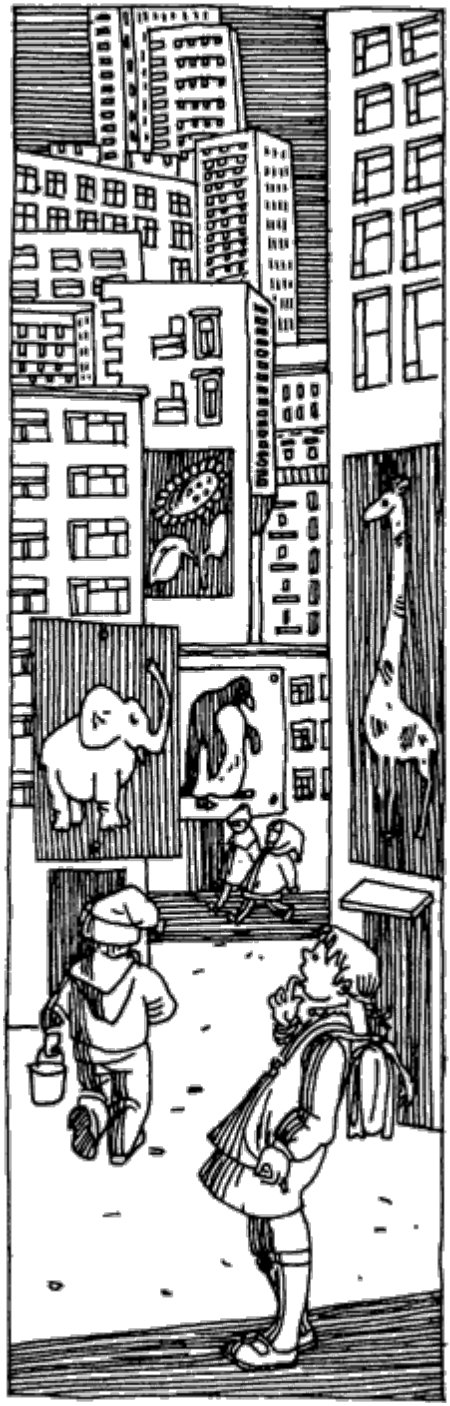
Впрочем, задержимся еще на несколько минут. Может быть, что-нибудь придумаем?

Вспомнилось мне одно незначительное событие, о котором все-таки уместно здесь рассказать.

Я разыскивал приятеля, который стал новоселом одного из строящихся районов Москвы. Дом найти оказалось делом нетрудным. Да и чего там трудного: микрорайон такой-то, квартал такой-то, улица такая-то, дом 28-а, корпус Б, секция 4, квартира 18. Коротко и ясно. Нашел я микрорайон, квартал, улицу, дом и увидел весьма загадочную картинку. Собственно, это была не картинка, а очень много картинок. И были на них изображены не загадочные, а вполне конкретные вещи. Висели эти картинки над каждым из 24 подъездов этого дома и изображали животных (слона, жирафа, гуся и муху), растения (подсолнух, василек и еще что-то), графин с рюмками, глобус. Над последним, 24-м подъездом висел вырванный из атласа доисторических животных саблезубый тигр.

— Что это у вас за художественный салон? — поинтересовался я у старушки, сидевшей у одного из подъездов и пристально следившей за внуком, который неподалеку из остатков строительного мусора возводил какое-то сложное строение.

— Какой такой салон? — охотно откликнулась бабка. — Вот этот, что ли? Так это, милый, для детей понавесили. Для них. Посуди: выйдет дитё на двор погулять, а куда обратно ему идти — не ведает. Все подъезды, как маковые росинки, на одно лицо. В цифрах же, где какая квартира, дитё разбираться не обучен. Вот родители и понавесили. Теперь каждый малолеток знает — кому груша, кому сирень, а кому-то страшилище страхолюдное.



История достаточно поучительная. Если квартиросъемщики сумели пометить совершенно одинаковые подъезды, неужели химики уступят им в смекалке?!

Конечно, химики придумали, как пометить совершенно одинаковые атомы. И сделали это, кстати, с неменьшим успехом, чем смекалистые жильцы дома 28-а.

Вот два изотопа одного и того же элемента. Раз один и тот же элемент, значит, один и тот же заряд ядра атома, следовательно, одинаковое количество протонов (различно у них количество нейтронов — вот почему изотопы имеют разную атомную массу). Одинаково количество протонов — одинаково и количество вращающихся вокруг ядра электронов. Но именно электроны определяют химические свойства элемента. Поэтому изотопы одного и того же элемента, различаясь по физическим свойствам, неразличимы в химическом отношении. Это решает все.

Решило это все и в нашем примере. Поступили очень просто. Для реакции этерификации взяли спирт, в состав которого входил не обычный кислород с атомной массой 16, а тяжелый изотоп кислорода, имеющий атомную массу 18. Изотоп этот является природным, но содержится он в качестве примеси к кислороду воздуха или воды в ничтожнейших количествах. Вот почему, до того как ввести кислород «в игру», необходимо было его прежде сконцентрировать. Как это делали, разговор особый и в данном случае для нас второстепенный.

Была проведена реакция. Затем разделили образовавшиеся в результате реакции уксусно-метиловый эфир и воду и определили, в каком из этих соединений находится тяжелый кислород. Оказалось, что в эфире. Этого было достаточно. Даже более чем достаточно.

То, что не могло быть решено часами громких споров, то, чему не могли помочь многодневные размышления, размышления мучительные и безысходные, когда на душе горько от сознания, что дело не продвинулось ни на йоту, — решил изотоп кислорода.

Оказывается, реакция идет по второму из предположенных вариантов. В самом деле, только этот вариант приводит к появлению в эфире тяжелого кислорода, который прежде содержался в спирте.

* * *

Просто? Конечно, просто. ***Потом*** *в науке всегда просто. Но чтобы применить изотопные метки для решения важнейших проблем химии, следовало* ***просто***

*додуматься до этого; следовало разработать **простые** методы выделения и концентрирования изотопов; следовало создать относительно **простые** приборы; следовало… Много чего следовало…*

И быть может, в этой книге так мало имен ученых, потому что сегодня чаще всего наука делается коллективами, очень большими коллективами.

* * *

В художественной литературе, театре, кинематографе существует мощный пласт произведений, в основе которых лежат недоразумения — чаще комические, но порой и трагические — связанные с близнецами. Пласт этот, работа над которым началась едва ли не в Древней Элладе, над которым трудился Шекспир, которому отдал дань Россини, разрабатывается и сегодня (быть может, не так успешно, как у названных великих предшественников).

Да, различить близнецов подчас бывает нелегко. Нередко с достаточной степенью уверенности это удается лишь матерям.

И все же наука утверждает, что **не бывает** двух близнецов, которые хоть чем-нибудь да **не отличались** бы друг от друга.

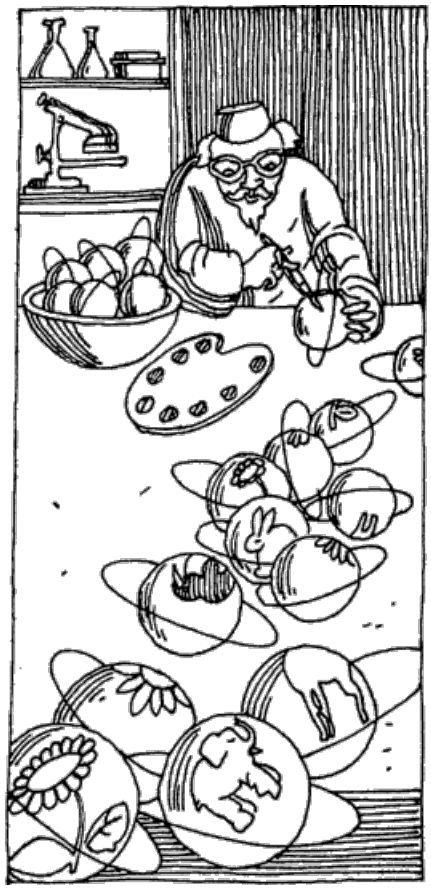
Но та же наука утверждает, что **не бывает** двух атомов одного и того же элемента, которые хоть чем-нибудь да **отличались** друг от друга.

Возьмем, к примеру, два вещества: сернистый цинк (сульфид цинка) ZnS и сернокислый цинк (сульфат цинка) $ZnSO_4$. Атом серы в одном веществе, атом серы — в другом. Два атома серы, похожих, как близ… Да нет же, два атома серы, похожих друг на друга, как два атома серы (за исключением, разумеется, валентности).

А теперь поставлю вопрос: если смешать эти два вещества, то может случиться такое, что атом серы из одного соединения переходил в другое, а на его место приходил атом серы из другого соединения? Иными словами, будет ли происходить **обмен** атомами серы между этими двумя соединениями?

— Схоластика, типичная химическая схоластика! — сердито сказал бы, услышав такую постановку вопроса, химик первых трех десятилетий нашего века. И был бы совершенно прав в гневе своем. Потому что подобный обмен («так на так») не привел бы ни к малейшему изменению свойств смеси этих двух веществ.

Да, разумеется, ни один из изощреннейших методов физического или химического эксперимента здесь не поможет. Не поможет, если только атомы серы в одном из этих соединений, скажем в ZnS, не пометить изотопной меткой, не сделать этот атом серы радиоактивным.



Теперь ответ на вопрос, сама постановка которого несколько десятилетий назад казалась крамольной (чтобы не сказать — бессмысленной), может быть получен за полчаса не очень напряженной работы. Всего только и надо, что смешать сульфид цинка с **радиоактивной** серой и сульфат цинка с **обычной** (нерадиоактивной) серой. А потом разделить эту смесь (например, растворив в воде сернокислую соль). Если радиоактивность перейдет в сульфат цинка, обмен атомами серы между этими соединениями идет, если же вся радиоактивность, как была, так и осталась в сульфиде, — обмена нет.

Опыты, подобные описанному, открыли перед химиками картину, о существовании которой они могли разве только

догадываться. Оказывается, в молекулах даже не реагирующих друг с другом соединений атомы не закреплены «намертво», а могут сновать между этими соединениями, перемещаться от одного соединения к другому. А ведь такое перемещение — не что иное, как химическая реакция. Удивительная реакция — без изменения состава реагирующих веществ, без изменения свойств. Подобные реакции обмена — еще одна и, надо сказать, очень выразительная иллюстрация краеугольного положения материалистического естествознания о непрерывных изменениях и превращениях в окружающем нас мире.

Изотопы — меченые атомы — открыли для химиков новый обширный мир обменных реакций. О существовании этого мира химики раньше могли лишь догадываться. Но пути в него не было и быть, как теперь понятно, не могло. Зато разработка методов получения искусственных радиоактивных изотопов стала отлично вымощенной дорогой в мир обменных реакций — дорогой, на которой путника ожидают комфорт и радушие, а главное, неожиданные и всегда важные открытия.

Меченые атомы позволили по-новому взглянуть не только на химические, но и на ряд физических процессов. Как, к примеру, это произошло с явлением диффузии.

Слово «диффузия» звучит достаточно академично. Но явление это в практике, в быту встречается на каждом шагу. Открыли в одном углу комнаты флакон духов, а через несколько секунд их запах ощущается в противоположном углу — это диффузия: молекулы душистого вещества сами собой просочились через молекулы воздуха и достигли вашего носа.

Пустите в воду каплю чернил. Спустя некоторое время даже без перемешивания вода станет одинаково синей. Вследствие диффузии молекулы красителя равномерно распределились по всему объему воды.

Плотно прижмите друг к другу два металлических слитка — скажем, из золота и серебра. Если полгода спустя исследовать поверхности, которыми эти слитки соприкасались, то окажется, что в серебро проникли атомы золота, а в слиток золота — атомы серебра. Это тоже диффузия.

Не будем сейчас говорить о том, легко или трудно изучать диффузию. Во всяком случае, современная аналитическая химия позволяет без труда установить, появилась ли в золоте примесь серебра, которой там прежде не было, и проникли ли в серебро частицы золота.

Но если поставить вопрос таким образом: происходит ли диффузия какого-либо вещества «в самого себя»? Не фокус обнаружить диффузию золота в серебро или серебра в золото. А

вот если приставить друг к другу два золотых слитка, то будут ли атомы золота из слитка № 1 проникать в слиток № 2, а из слитка № 2 — в № 1?

Вопрос совсем не праздный. Существует ли явление самодиффузии? Ответ на этот вопрос интересовал многих физиков и химиков. Но так же, как и в случае обменных реакций, прежде не существовало никаких, абсолютно никаких методов, с помощью которых можно было доказать или опровергнуть существование самодиффузии.

Не буду рассказывать о спорах вокруг этой проблемы. Читатель уже привык к тому, что ни один ответ на научный вопрос не рождается легко. Были споры и здесь. И очень ожесточенные. Одна сторона утверждала, что самодиффузия должна происходить, потому что, дескать, какая разница: сращиваем мы поверхности двух одинаковых металлов или разных. И тут, и там атомы движутся. А раз так — самодиффузия должна протекать. Убедительно? Убедительно.

Но оппоненты не менее резонно возражали им: если вы соедините два сосуда с одинаковым уровнем жидкости, будет перетекать жидкость из одного сосуда в другой? Нет. Если вы соедините два заряженных тела с одинаковыми потенциалами, возникнет ли в такой цепи ток? Нет. Так почему же должны переходить атомы из одного объема какого-либо вещества в другой объем этого же вещества?

Поверьте, что споры велись с куда более обстоятельной аргументацией, в которой фигурировали многоэтажные формулы и такие замысловатые термины, смысл которых я не взялся бы здесь расшифровывать. Но обилие терминологии и научных платформ ни на сантиметр не подвинуло ученых к истине. И не приходится сомневаться, что дискуссия продолжалась бы по сегодняшний день, что морями чернил были бы исписаны Эльбрусы бумаги, но вопрос так бы и остался вопросом во всей своей нагой первозданности: а существует ли вообще она, самодиффузия? Да, это было бы именно так, не появись возможность использовать радиоактивные изотопы.

Эксперимент был совсем несложным. Взяли два бруска, изготовленных из одного и того же металла: один обычный, а второй — с примесью радиоактивного изотопа. Спустя некоторое время в нерадиоактивном бруске были обнаружены радиоактивные атомы. Все. Больше ничего не надо для решения вопроса о самодиффузии. Есть вопросы?.. Нет? Ну, так пошли дальше.

— Погодите! — не согласятся иные читатели. — Вопросы есть. Вы пространно рассказывали о спорах, которые велись

вокруг проблемы самодиффузии, а как дошло до сути дела, до того, как именно была решена эта проблема, то отвели рассказу об этом две-три строки — и все!

Но больше и не требуется. В том и преимущество метода меченых атомов, что он позволяет за несколько часов решить ту проблему, разгадку которой искали порой десятилетиями.

* * *

Метод меченых атомов вошел в химию примерно тогда же, когда в наш быт вошли пассажирская авиация, транзисторные приемники, телевидение. И так же, как все мы не представляем сегодня наш быт без этих атрибутов цивилизации, так и химики не представляют сегодня свою науку без метода меченых атомов.

* * *

Растворимость в воде относится к важнейшим характеристикам каждого химического соединения. Не случайно на последней странице обложек школьных тетрадей печатают таблицу умножения — для младших школьников, и таблицу растворимости — для тех, кто постарше и уже начал изучать химию.

Правда, в школе не особенно углубляются в проблемы растворимости. Стоит в таблице «+», — значит, все в порядке, вещество растворяется; проставлен «—» — вещество не растворяется.

Но на первой же лекции по химии в институте студент-первокурсник слышит от профессора, что, оказывается, совершенно нерастворимых веществ нет. Есть вещества, растворяющиеся хорошо, есть растворимые похуже, плохо, очень плохо, очень-очень плохо, ничтожно, крайне ничтожно, исчезающе мало.

Не надо быть специалистом, чтобы догадаться: химикам эти полулирические определения («мало», «плохо», «очень плохо») ни к чему. Химикам нужны точные величины. Необходимо знать, сколько именно.

Вот почему в любом химическом справочнике одной из

первых следует таблица растворимости. По внешнему виду таблица как таблица. Слева — колонка с формулами соединений, справа — значения растворимости. Но если разобраться поглубже, то…

Вот хотя бы всем известное своей нерастворимостью или, будем теперь применять более верный термин, известное своей малой растворимостью соединение сернокислый барий (помните, по учебнику химии, осадок этого соединения немедленно выпадает, если слить растворы хлористого бария и серной кислоты). Действительно, в таблице написано, что растворимость этого вещества составляет двадцать пять десятитысячных долей грамма в литре воды. Мало? Не говорите так, потому что сейчас мы подберем примеры повыразительнее.

Гидроокись цинка — растворимость в литре воды $3 \cdot 10^{-7}$ грамма (три десятимиллионных доли грамма). Предел? Ничуть. Сульфид свинца — растворимость 10^{-15} грамма в литре. Сульфид ртути — 10^{-23} грамма. Сульфид меди — 10^{-27} грамма.

Возьмем сравнительно (сравнительно!) неплохо растворимое из перечисленных веществ — гидроокись цинка. Представьте себе, что вы химик и что перед вами поставили задачу определить растворимость этого вещества. Как решают эту задачу? Известно как: берут какой-либо объем раствора и упаривают его досуха, а оставшийся твердый осадок взвешивают.

Значит, можно взять литр раствора гидроокиси цинка, упарить его досуха, и… ничего не получится. Потому что образовавшийся осадок заметить будет невозможно: три десятимиллионные доли грамма не разглядишь даже в самый сильный микроскоп и, уж конечно, не взвесишь ни на каких весах.

Стало быть, надо взять раствора побольше: литров этак десять. При этом вы получите сухого остатка три миллионные доли грамма — в 10 раз больше, чем при работе с литром раствора, а по сути такое же «ничто», как и прежде.

Очевидно, придется брать 100 литров раствора. Это уже солидная бочка. Но, упаривая досуха эту бочку, мы получим всего несколько стотысячных долей грамма. Такую малость тоже не взвесить. Да, плохи дела химиков! Приходится манипулировать с тысячами литров. Это уже внушительная цистерна. И, только испарив всю воду, можно будет получить… три десятитысячные доли грамма осадка — величину, которую, хотя и не очень уверенно, смогут зафиксировать аналитические весы.

Читатель, наверное, совсем опечалился, представив себе и впрямь невеселую картину: кипит посредине институтского двора котел, мечутся между громадной цистерной и котлом озабоченные химики, таща ведра, наполненные исследуемым

раствором. Идет пар из котла, идет пар от вконец замотавшихся ученых. Грустно, очень грустно. И все это для того, чтобы узнать, какова растворимость плохо растворимого соединения.

Могу успокоить читателя. Конечно, дело обстоит далеко не столь мрачно. Химики идут иным путем, который предполагает гораздо более экономный расход времени, труда и… дров.

Не стану рассказывать, как выходили из положения ученые тогда, когда они еще не имели возможности пользоваться радиоактивными изотопами. Впрочем, выходом это вряд ли можно было назвать. Конечно, можно из Москвы во Владивосток добираться пешком. Но «Ту-154» все-таки удобнее.

При определении растворимости радиоактивные изотопы в сравнении с прочими методами то же, что реактивный лайнер в сравнении с пешеходом. Судите сами.

К веществу, растворимость которого хотят определить, примешивают немного радиоактивного индикатора. Так, к гидроокиси цинка можно подмешать немного гидроокиси,

образованной искусственным радиоактивным изотопом цинка. «Немного» сказано не из-за пренебрежительной приблизительности. Здесь радиоактивного цинка и впрямь немного: миллионная доля, а то и меньше.

После этого определение растворимости становится легким, можно сказать, даже приятным делом. Осадок, меченный радиоактивным цинком, взбалтывают в определенном количестве воды до тех пор, пока не получат насыщенный раствор гидроокиси (не будем забывать, что этот насыщенный раствор содержит всего $3 \cdot 10^{-7}$ грамма вещества в литре). При растворении гидроокиси цинка в раствор перейдут как молекулы, содержащие обычный цинк, так и молекулы с радиоактивным изотопом. Ничего, что вторых в растворе будет гораздо меньше, чем первых. Для чувствительных счетчиков Гейгера — Мюллера это не помеха.

Если знать соотношение, в котором примешали к обычному цинку цинк радиоактивный, то, определяя радиоактивность раствора, можно без труда рассчитать содержание всего цинка в растворе. Ну, а вычислить отсюда растворимость гидроокиси — дело одной минуты. Вот и все. И рад бы рассказывать дольше, да нечего. Радиоактивность и здесь упростила все до предела.

Но коль скоро мы завели речь об определении малых количеств вещества, надо будет рассказать еще об одной важной роли меченых атомов.

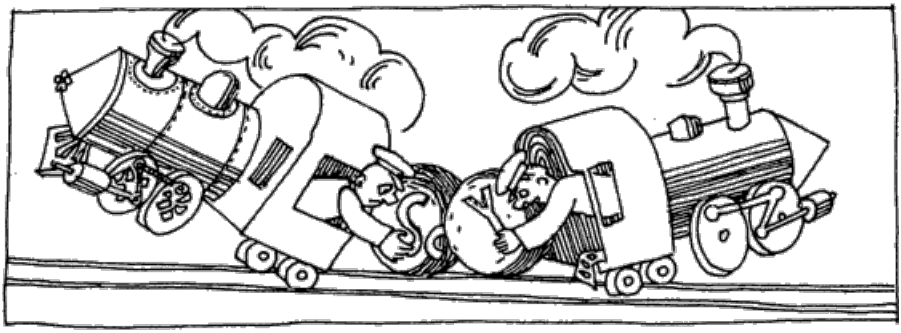
Соберите в одном зале приглашенных наудачу 100 химиков и спросите их, что они предпочитают: приступить к разделению смеси соединений ниобия и тантала или отправиться сейчас на товарную станцию целую ночь таскать мешки с цементом. Можете добавить, что станционный транспортер испорчен, половина мешков дырявые и что вообще ожидается проливной дождь с градом. Не сомневаюсь, что после секундной паузы из всех ста глоток вырвется дружный крик:

— На станцию!..

Стремление химиков скоротать ночь, таская под дождем дырявые пятипудовые мешки с цементом, мне близко и понятно. Все представляют себе, что носить мешки, когда нет подходящих условий, — занятие не из веселых. Но далеко не каждый знает, что разделение соединений двух элементов, очень похожих по свойствам, — работа куда более изнурительная.

Я привел в качестве примера лишь одну пару: ниобий — тантал. А ведь таких близнецов в Периодической системе элементов как «алмазов в каменных пещерах» той полуденной страны, откуда прибыл индийский гость. Скандий — иттрий, цирконий — гафний, все 15 редкоземельных элементов, многие

зауранові элементы и так далее, и так далее.



Разумеется, для каждой из таких пар разработаны методы разделения. И, конечно же, я не убежден, что каждый из придуманных мною сотни химиков без колебания предпочтет поменять пусть и тяжелый лабораторный эксперимент на ненастную ночь у товарняка. Без известной гиперболизации здесь не обошлось. Но это тот самый случай, когда в шутке следует искать свою, причем достаточно большую долю правды. Потому что действительно приходится затрачивать уйму времени и труда (не столько даже тяжелого, как однообразного и скучного — что гораздо хуже) на то, чтобы отделять один элемент от другого, походящий на него химическими свойствами.

Основная трудность манипуляций по разделению элементов — необходимость после каждой операции проводить химический анализ, чтобы определить, в какой степени удалось один элемент отделить от другого. Сказанное в этой фразе — академично по содержанию. У схожих по свойствам элементов схожи и химико-аналитические реакции. Поэтому, определяя, насколько удалось разделить эти элементы, приходится обращаться к весьма сложным и очень трудоемким методам анализа, отнимающим много времени.

Применение радиоактивных индикаторов — меченых атомов — если и не превращает операции разделения в увеселительное времяпрепровождение, то делает из них обычную по сложности химическую работу.

Вот как это выглядит. К смеси соединений двух элементов — близнецов, которых предстоит разлучить, — прибавляют немного соединения одного из этих элементов, но не обычного, а радиоактивного. Теперь аналитические определения заменяются измерением радиоактивности, а это во всех отношениях менее трудоемкая операция.

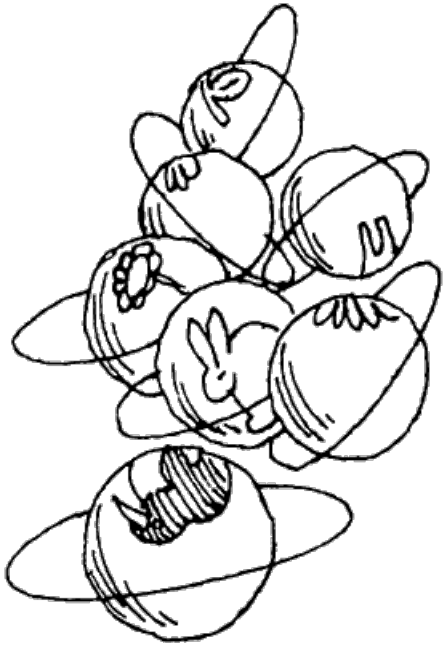
В самом деле. Вот произвели несколько манипуляций со смесью и получили две фракции: одна из них соответствует

соединению первого элемента, другая — второго. Но ведь необходимо решить, есть ли в первой фракции примесь второго элемента, а во второй — примесь первого. Предположим, что радиоактивной меткой был «протаврован» первый элемент. Тогда исследователь подносит вторую фракцию к счетчику Гейгера — Мюллера. И если эта фракция загрязнена посторонним элементом, тотчас же часто замигают лампочки и дробно затрещит стрелка: прибор сигнализирует — радиоактивность есть!

Тогда приступают к операции разделения снова. На этот раз вторая фракция будет показывать меньшую радиоактивность. В третий раз радиоактивность будет совсем мала. И вот, наконец, на какой-то энный раз, когда мы поднесем пробу к счетчику, тот будет безмолвствовать. Все — элементы разделены полностью! А коль они разделены, то рассказ о них можно окончить.

* * *

Из толстой книги под названием «Химия и радиоактивность» прочитано всего несколько страниц. Но и они показали — не могли не показать! — что эти две науки, объединившись, намного расширили наши представления об окружающем мире. А ведь это только начало…



Глава V
Третий путь

Наука, о которой будет рассказано в этой главе, — сегодня уже полностью сформировавшийся раздел химии; у нее существуют прочные и основательные традиции, свои оригинальные методы и терминология, своя достаточно богатая и в общем не простая история.

Но еще во втором издании Большой советской энциклопедии об этой науке ничего не написано. Тогда — четверть века назад — она попросту еще не существовала.

* * *

В любой химической библиотеке института на видном месте стоит известный каждому химику справочник Бейльштейна. Справочник этот во всех отношениях примечателен. В карман он не поместится. В портфель тоже не влезет. Его не унести и в чемодане.

Справочник Бейльштейна насчитывает более сотни томов. Причем самый тощий из этих томов тянет не меньше чем килограмма на два. А самый объемистый том — не то что пожилой библиотекарше не снять с полки, а и молодой, спортивного вида инженер волочит его к письменному столу, заметно покраснев от натуги.

Удивляться необычному объему справочника не приходится, ведь в нем собраны сведения о большинстве известных науке

органических соединений.

Не знаю, сколько соединений описано в справочнике Бейльштейна. Кто говорит — миллион, а кто утверждает, что все три. Среди моих знакомых не нашлось ни одного, кто отважился бы пересчитать все соединения, сведенные в справочнике. Да и что толку пересчитывать — за темпами науки все равно не угнаться. Считается, что каждый год химики синтезируют полмиллиона новых органических соединений — две тысячи за рабочий день, около сотни в час. За время, какое вы потратили на чтение этого абзаца, где-то кто-то синтезировал неизвестное прежде органическое соединение.

Я вспомнил о справочнике Бейльштейна вовсе не потому, что нам придется сейчас с его помощью выуживать сведения о каком-то экзотическом органическом соединении. Воспользуемся тем, что в нем описаны, хотя и очень кратко, методы получения каждого из соединений. И попробуем установить, сколько же способов заставлять вещества вступать в реакцию известно современной химии. Ну, если и не все способы (веществ-то миллионы!), то хотя бы основные из них. И попробуем их как-то систематизировать (классифицировать).

Работа, разумеется, не из легких. Но тут снова, не в первый раз, придется напомнить, что эта книга относится к научно (научно!) — художественному жанру. А наука — это всегда труд.

Приготовим толстую тетрадь, отточим поострее карандаши, проверим стержни в авторучках и — за работу!

Снимем с полки первый том справочника. Открываем первую страницу: «Смешиваем, нагреваем…» Так, стало быть, способ первый: нагревание.

Следующее соединение… Так, формула, физические константы, способ синтеза: «Сливаем и кипятим…» Но ведь это снова нагревание.

Переворачиваем страницу: «Смесь предварительно растирают в ступке, а затем продолжительно прокаливают в муфельной печи…» И здесь нагревание!

Десятая страница: «…взбалтывают и затем нагревают…»

Сотая: «…смесь помещают в пламя газовой горелки…»

Пятисотая: «…выдерживают при температуре 350–400 градусов…»

Тысячная: «…нагревают…»

Весь первый том просмотрен, а в нашей толстой тетради заполнена лишь первая строка первой страницы, и значится там одно слово: «нагревание».

Скажу сразу: вы можете перелистать остальные 99 томов и не обнаружите ничего, вернее, почти ничего, кроме нагревания как универсального способа возбуждения химической реакции. Слово

«почти» применено здесь потому, что изредка, примерно один раз на 200, вы встретите указания на проведение процесса с помощью электрического тока (электролиз). Повстречаются еще указания на применение высокого давления, но только неизменно в сочетании с нагреванием.

Как видим, все необозримое многообразие соединений, известных современной химии, получено, по сути, с помощью всего двух способов внешнего воздействия на смесь реагирующих веществ. Да, арсенал средств, находящихся в распоряжении химиков, в этом плане ничуть не богаче того, каким располагали алхимики. Те ведь твердо знали, что нагревание — отличный и почти всегда срабатывающий способ заставить вещества реагировать друг с другом.

Давайте выясним: почему нагревание — такой излюбленный прием химиков, почему этот несложный процесс одинаково безотказно вызывает реакцию между самыми разнообразными веществами? Причина довольно проста. При нагревании увеличивается скорость движения молекул. А раз увеличивается скорость, то увеличивается вероятность их столкновения и, главное, энергия, с которой они сталкиваются. Вот почему вещества, не желающие реагировать при обычной температуре, с повышением ее начинают вступать в реакцию.

Электрический ток существенно усилил арсенал химиков. Не буду пояснять подробно, почему электрический ток так пришелся по душе химикам. Напомню только, что химическая реакция — это передача электронов от одного вещества другому. А электрический ток не что иное, как поток электронов. Вот почему, пропуская ток через раствор какого-либо вещества, можно вызвать его превращения[11].

— Ну что же, — беспечно заметит читатель, — если с помощью нагревания и электрического тока удалось получить столько соединений, то следует ли сетовать на то, что способов вызывать реакцию так мало. А быть может, больше и не нужно!

Нужно, и даже очень! В учебнике химии написано: «Реакция невозможна, если реагирующие вещества не сосуществуют в одном, пусть узком, температурном интервале». Понятно? Думаю, что не очень. Попробую растолковать яснее. Впрочем, самым лучшим объяснением, по-видимому, будет пример из практики. За примерами далеко ходить не приходится. Вот хотя бы сегодня подошла ко мне лаборантка и озабоченно сказала:

— Юрий Яковлевич, не окисляется.

— Не может быть! — удивился я. — Должно окисляться.

В самом деле, мы должны были окислить одно органическое соединение. Окислителем была выбрана концентрированная

азотная кислота — вещество, которое очень охотно отдает свой кислород. Почему же реакция не идет?

Даю совет, какой на моем месте, так же не задумываясь, дал бы любой химик:

— Нагрейте.

Через 15 минут лаборантка явилась снова:

— Опять ничего не выходит.

— Сильнее нагрейте!

Еще через 15 минут:

— А вот теперь уже наверняка ничего не выйдет!

— ???

— Вся азотная кислота улетучилась.

М-да… Положение действительно неважное. Азотная кислота кипит при 86 градусах. Эта температура недостаточна для того, чтобы заставить прореагировать наши вещества. Понятно теперь, что такое «сосуществование в одном температурном интервале»? Не всегда выходит в химии это «сосуществование». А раз так, то не выходит и реакция.

Тот случай, о котором я рассказал, довольно легкий. Мы справились с нашей реакцией, запаяв смесь веществ в стеклянную ампулу. Теперь смесь можно было нагревать до значительно более высокой температуры.

Но бывают случаи куда сложнее и ответственнее. Например, крекинг нефти.

Нефть — это смесь разнообразных углеводородов (соединений углерода и водорода). Углеводороды, входящие в состав нефти, содержат самое разнообразное число атомов углерода. Но хорошим горючим для двигателей внутреннего сгорания служат лишь те из углеводородов, цепочка атомов которых сравнительно коротка, 8–10 звеньев, 8–10 атомов углерода, соединенных друг с другом.

Назначение крекинга — превратить длинные углеводородные молекулы в более короткие. С этой целью нефть нагревают до высокой температуры, одновременно сжимая до нескольких сот атмосфер. Длинные углеродные цепочки при этом рвутся, а образовавшимися «осколками» можно заливать бак «Жигулей».

Все было бы хорошо, если бы значительная часть нефти при нагревании не осмолялась, превращаясь в густую темную массу, непригодную, конечно, к использованию ее в качестве горючего. Но что поделаешь?! Все претензии адресуйте природе. Это она наделила углеводороды такими в данном случае ненадежными свойствами. Впрочем, можно сколько угодно нарекать природе, однако от этого потери нефти при крекинге не станут меньше.

Нетрудно подобрать еще сотню-другую примеров, когда

химики — в лаборатории ли, на заводе ли — прибегают к нагреванию скрепя сердце. Нагревание калечит исходные вещества, ухудшает свойства продукта реакции, приводит к образованию побочных и вредных для данного процесса соединений, но делать нечего. Нечего, и все!

Есть еще одна причина, по которой химики не очень жалуют процесс нагревания. Причина эта настолько серьезна, что оборачивается важнейшей проблемой химической промышленности.

Каждый сколько-нибудь солидный химический завод опутан густой сетью железнодорожных путей. Круглосуточно в ворота завода вкатывают десятки длинных составов грузовых вагонов. Но вот что примечательно: на каждый вагон сырья для производства приходится не меньше вагона каменного угля. Вагоны с сырьем по внутренней железнодорожной ветке направляются по цехам, а уголь сгрузят около центральной котельной завода.

Любое химическое производство — это прежде всего расход тепла. Тепло необходимо для того, чтобы очистить вещества, вступающие в химическую реакцию. Тепло необходимо и для того, чтобы началась сама реакция. Тепло необходимо для выделения продукта реакции, для его очистки и еще для других процессов, из которых слагается современное химическое производство.

Вот и получается, что большая часть каменного угля, нефти и газа, добываемого в стране, идет на потребу химикам — не в качестве сырья, нет, к сожалению, — а как горючее. Досадно. Очень досадно.

* * *

В истории науки можно найти немало примеров, когда физика и химия приходили друг другу на помощь. Но то, о чем сейчас пойдет речь, — пожалуй, самый яркий из примеров их сотрудничества за всю историю дружбы этих наук.

* * *

Открывая Всесоюзное совещание по радиационной химии,

которое было созвано в начале 60-х годов, виднейший советский ученый академик А. П. Виноградов сказал:

— Современная эксплуатация ядерных реакторов является варварским способом использования энергии атома. И облагородить этот способ дано лишь нам, химикам. Вот почему энергетика будущего в наших с вами руках, товарищи…

Хотя с того времени прошло немало лет, я очень хорошо помню, какой вихрь недоуменных вопросов пронесся у меня в голове:

«Ядерные реакторы — варварский способ?! Одному из самых крупных достижений современной науки академик присвоил такой малопочтенный эпитет?! И потом, почему это мы, химики, должны отвечать за энергетику будущего? До сих пор я полагал, что это дело специалистов в области электричества, турбиностроителей, физиков, наконец, но никак не химиков. Непонятно, совсем непонятно…»

Если меня сегодня что-нибудь и удивляет, так это лишь то, как я мог не понять тогда академика А. П. Виноградова. Сегодня высказывания этого ученого, удивившего тогда, кстати, не меня одного, стало рядовым, но тем не менее важнейшим лозунгом всех химиков, а связанных с радиоактивностью — в особенности.

В наши дни атомная энергетика — это уже будни науки. Мы гордимся тем, что в нашей стране создана первая в мире электростанция, работающая на атомной энергии. Мы любуемся красавцами ледоколами «Ленин» и «Арктика». Но не удивляемся этим достижениям. Они стали буднями, и это очень радостные будни.

Впрочем, если вы решите поговорить об энергетическом использовании ядерных реакторов с каким-либо специалистом-физиком, то увидите, как при первом же вопросе на лице вашего собеседника промелькнет сложная гамма чувств, среди которых основными будут гордость и… горечь. Гордость — за выдающиеся достижения современной физики, достижения, которые сделали эту науку лидером естествознания XX века, а горечь…

Горечь появляется тогда, когда физики подсчитывают, какая доля энергии урана, распавшегося в ядерном реакторе, используется энергетиками. Окончательный результат обычно приводит их в глубокое уныние. Да и то сказать: кого не огорчит коэффициент полезного действия, равный 0,2–0,3? Оказывается, энергетики используют примерно одну треть энергии, которая высвобождается при распаде ядер урана в реакторе.

Из всей энергии, выделяющейся в ядерном реакторе при делении ядер урана, используется лишь та ее часть, которая превращается в тепло при разлете ядерных осколков и при

радиоактивном распаде этих осколков. Неудивительно, что эта часть энергии составляет лишь долю, причем достаточно скромную, от величины всей высвобождающейся энергии. Остальная энергия аккумулируется в образовавшихся продуктах деления урана — а это не что иное, как разнообразные химические элементы. Уточним, радиоактивные элементы.

Причина радиоактивности? Именно в этих осколках сосредоточена основная доля энергии, высвобождающейся при делении ядер урана. Стремясь освободиться от избыточной энергии, ядра образовавшихся элементов выбрасывают электроны либо гамма-кванты, то есть подвергаются радиоактивному распаду.

Для химиков особенно важно то, что в отходах ядерных реакторов, в урановой «золе», содержатся искусственные радиоактивные изотопы большей части элементов системы Менделеева. Вот почему, если еще лет сорок назад искусственные радиоактивные изотопы были доступны единичным лабораториям, то сегодня каждому студенту-химику при выполнении им практических работ предлагают разнообразный набор различных радиоактивных элементов.

Теперь становится понятным, что так печалило физиков. Для кручины у них имелись достаточно веские основания: они попросту не знали, что делать с таким количеством радиоактивных элементов, какие накапливаются в ядерных реакторах. А радиоактивность эта действительно громадна. Достаточно даже не очень большому реактору проработать сутки, и там накопится такое количество продуктов распада урана, какое по своей радиоактивности в десятки раз превышает радиоактивность элементов, выделенных во всех лабораториях и заводах со времени открытия радиоактивности до того времени, когда был сконструирован первый реактор (1942).

Число ядерных реакторов на земном шаре непрерывно увеличивается. И уже почти 30 лет со страниц газет не сходит выражение «радиоактивные отходы». Сотни ученых в десятках стран ломали голову над тем, что же делать с радиоактивными отходами, которые непрерывно и во все возрастающем количестве вырабатывают ядерные реакторы.

Чего только не предлагали!

Закапывать в глубокие бетонные ямы. И закапывали.

Прятать в заброшенных шахтах. И прятали.

Топить в глубоких океанских впадинах. И топили.

Запускать в ракетах в межпланетное пространство. И… Нет, пока еще не запускали. И по-видимому, не столько потому, что такой способ избавления от ядерной «золы» чрезмерно дорог,

сколько из-за опасений, что при запуске ракеты может случиться какая-нибудь неприятность и опасный шлак развеется в атмосфере.

Конечно, джинна, выпущенного из бутылки, можно было бы в данном случае загнать обратно: остановить ядерные реакторы и тогда не будет никаких отходов. Но этот выход, разумеется, никого не устраивает.

* * *

Плохо физикам — в ядерных реакторах пропадает зря много энергии. Печалятся и химики — арсенал имеющихся в их распоряжении средств для проведения реакций скуден и, главное, не всегда удовлетворителен. Но когда плохо ученым, и особенно если эти ученые физики и химики, вывод, как правило, находится. Вот и здесь…

* * *

Если вам вздумается проводить реакцию водорода с хлором, то прежде всего подумайте, так ли уж вам это необходимо. Если, поразмыслив, вы все же утвердитесь в намерении соединять водород с хлором, то постарайтесь, чтобы резервуар, в котором будет идти реакция, не был стеклянным (металлическим, пластмассовым — пожалуйста). Если же по условиям опыта требуется, чтобы реакция протекала в стеклянном сосуде, то прежде тщательно покройте его темной краской либо заверните в плотную темную ткань. Если же почему-либо этого сделать нельзя, то предупредите, чтобы никто не подходил к месту эксперимента ближе, чем на … метров. Число, какое следует поставить на место многоточия, зависит от объема сосуда. Если сосуд небольшой — литров на 5–6, то стеклянные осколки от взрыва, который последует немедленно после того, как водород и хлор будут смешаны, разлетятся недалеко — метров на 10–12. Чем больше сосуд, тем на большем расстоянии будут сохранять стеклянные осколки убойную силу.

Итак, вы, конечно, поняли, что реакцию водорода с хлором можно проводить, лишь соблюдая многие предосторожности. Но самое главное, чтобы на реакционную смесь ненароком не попал

луч света. В темноте же — спокойно смешивайте эти газы — реакция не пойдет.

Взаимодействие водорода с хлором — далеко не единственный пример реакций, протекающих под действием света. Каждый химик без труда вспомнит много таких реакций: разложение соединений серебра с галогенами (процесс, лежащий в основе фотографии), хлорирование многих органических соединений, наконец, важнейший из химических процессов, протекающих в природе, — процесс фотосинтеза, свершающееся в глубинах растительных клеток превращение углекислоты и воды в углеводы, процесс, на котором основано существование всего живого на нашей планете.

Ничего загадочного в действии света на эти реакции нет. Вот хотя бы та же реакция взаимодействия водорода с хлором.

Оба этих газа двухатомны — молекулы их содержат по два атома: H_2 и Cl_2. Именно поэтому взаимодействовать друг с другом они не собираются: водород прочно соединен с другим атомом водорода, и в молекуле хлора оба атома вполне довольны друг дружкой.

Но вот в смесь этих газов попал квант света. Натолкнувшись на молекулу хлора, он разбивает ее на части — два отдельных атома Cl, каждый из которых, не имея партнера, обладает большим стремлением к взаимодействию. Поэтому такие одиночные атомы хлора буквально «вгрызаются» в молекулы водорода: $Cl + H_2 = HCl + H$. Теперь уже бесприютным остался атом водорода, стремящийся приобрести себе партнера еще сильнее, чем одиночный атом хлора. Водород-одиночка находит приятеля в первой же молекуле хлора, которая столкнется с ним: $H + Cl_2 = HCl + Cl$. И снова остался без пары атом хлора, который реагирует с молекулой водорода. И так далее. И так далее. И так далее… 150 тысяч раз. Потому что один квант света, попавший в смесь водорода и хлора, может привести к образованию 150 000 молекул хлористого водорода.

Понятно теперь, почему не стоит выставлять без соблюдения всех правил предосторожности на свет смесь H_2 и Cl_2?

Как ни многообразны реакции, протекающие под действием света, число их не сопоставимо с количеством известных нам химических соединений. Это понятно, так как энергия, которую несет на себе квант видимого света, сравнительно невелика. Этот квант может воздействовать на молекулу лишь с довольно слабой химической связью. Кванты видимого света можно сравнить с теннисными мячиками, ударяющимися о каменную стенку. Повредить штукатурку они еще могут, да и то, если она плохо заделана. Но большого вреда, конечно же, не нанесут.

Другое дело, если по стене стрелять из винтовки или даже артиллерийского орудия. Так вот, если кванты видимого света — мячики, то кванты рентгеновского или радиоактивного излучения — пули и артиллерийские снаряды.

Сравнение радиоактивного излучения с пулями и снарядами, надо сказать, весьма емкое. Альфа-частицы или гамма-кванты, попадая в молекулу химического соединения, причиняют ей тяжелейшие разрушения. Молекула попросту разлетается на осколки, которые сами по себе уже являются новыми соединениями. Кроме того, осколки охотно вступают во взаимодействие друг с другом, что еще больше расширяет круг образующихся при этом соединений.

Вот и появился третий — после нагревания и электрического тока — метод воздействия на реакционную смесь. Метод, не обладающий недостатками, присущими первым двум, но сочетающий в себе все их достоинства и плюс еще много примечательных черт, свойственных только ему.

Сейчас трудно установить, кого первым осенила идея применить радиоактивные лучи для того, чтобы возбудить химическую реакцию. А может быть, эта идея посетила одновременно нескольких ученых? Скорее всего, дело обстояло именно так. Потому что даже открытие радиоактивности произошло благодаря химическому действию радиоактивного излучения на оказавшуюся случайно неподалеку фотографическую пластинку: попадая на фотоэмульсию, радиоактивные лучи разрушают молекулы галогенидов серебра. Так что догадываться о химическом действии излучения могли многие исследователи радиоактивности.

Итак, родился новый раздел химии — радиационная химия. Велико искушение назвать радиационную химию наукой будущего. Но это заманчивое определение здесь не подходит. Радиационная химия — наука настоящего. И если говорят о блистательном будущем этой науки, то только потому, что ожидают ее действительно великие свершения.

Ну а физики, довольны ли они? Сверх всякой меры! Отныне радиоактивная «зола» реакторов становится ценнее золота, ценнее любого благородного металла. Что — золото? Оно безжизненно. А с помощью «золы» можно вызвать сотни, тысячи самых неожиданных превращений. А главное, теперь никто не сможет упрекать физиков в том, что они не полностью используют энергию атомного ядра, высвобождающуюся в реакторе.

* * *

Нечего и думать о том, чтобы даже просто перечислить все осуществленные до настоящего времени радиационно-химические превращения. Их тысячи, а быть может, и десятки тысяч. Придется назвать лишь самые важные. Посудите, легко ли это сделать? Ведь каждый из ученых, исследующих какой-либо процесс, считает, что его реакция наверняка самая важная!

* * *

Если происходит годичное собрание британской ассоциации ученых и если с речью на этом собрании выступает сам Вильям Крукс, то достойно ли оно, чтобы все газеты послали туда своих корреспондентов? Вопрос, разумеется, риторический. Корреспонденты на собрании присутствовали, и в большом количестве. К тому же ретивые работники печати были приятно удивлены: наконец-то господа ученые — впервые за столько лет! — сумели изречь нечто понятное читающей публике.

Впрочем, сэр Крукс наговорил такого, что многие из редакторов, читая принесенные репортерами отчеты о собрании ассоциации, недоверчиво покачивали головами.

Надобно заметить, что у редакторов имелись все основания удивляться. Еще бы! Сэр Вильям Крукс предсказал, что лет через тридцать, этак к году 1930, на планете начнется массовый голод. Рассуждения ученого были педантичны, точны и… пугающе конкретны.

— Единственным методом повышения урожайности — говорил Крукс, — является внесение удобрений, главным образом — соединений азота. Только азот способен гнать растения в рост, только азот дает растению жизненные силы, только азот спасет от голода. Но вот ирония судьбы: мы живем на дне колоссального океана азота — наша атмосфера на четыре пятых состоит из этого газа, а для удобрения почвы вынуждены пользоваться чилийской селитрой, которую ввозим из-за океана и которая поэтому обходится нам втридорога. Но если бы только дороговизна селитры была причиной ее дефицитности! Мы построили бы тогда гигантские пароходы, мы бы перевозили селитру на громадных воздушных шарах. Ибо ничто не может считаться чрезмерным, когда речь идет о спасении человечества от голода.

А голод надвигается, он неминуем, господа! Чилийская селитра на исходе. По самым оптимистическим подсчетам, ее едва хватит на три десятка лет. И я не знаю, что будет на Земле к тысяча девятьсот тридцатому году. Не знаю!..

Ученый говорил правду. У него были веские основания для беспокойства. Чилийская селитра таяла не по годам, а по дням. И маститый физик действительно не знал, что будет дальше. Не знал он и того, что пройдет всего 10 лет, и будет найден способ связывания атмосферного азота в аммиак — простейшее соединение азота и водорода.

Сегодня, в 1984 году, мы знаем, что мрачные предсказания Крукса, к счастью, не подтвердились. Этим «к счастью» мы обязаны химикам, которые сумели заставить ленивый азот вступать в различные реакции. На первое место здесь должна быть поставлена реакция азота с водородом, при которой образуется аммиак.

Впрочем, некоторые из этих реакций были известны химикам давно. Так, они знали, что азот соединяется с кислородом при пропускании через смесь этих газов электрической искры. Об этом мы писали еще в первой главе, когда вспоминали опыты Кэвендиша. Но количество электроэнергии, затрачиваемой на производство соединений азота этим способом, так огромно, а стоимость удобрений, получаемых при этом, так баснословно велика, что Круксу даже не приходила мысль, что когда-либо можно будет использовать электричество для производства азотных удобрений. Да и сейчас, когда по сравнению с прошлым веком стоимость электроэнергии во всех странах резко понизилась, химики тоже не могут позволить себе роскошь добывать азотные удобрения с помощью электрического разряда.

Но и другие способы связывания атмосферного азота ненамного дешевле метода электрической искры. Вот хотя бы получение аммиака из азота и водорода.

Прежде всего добывают чистый азот. Для этого в сложных и энергоемких установках превращают воздух в чрезвычайно холодную и дымящую жидкость. Затем жидкий воздух запускают в специальные аппараты, где эту своеобразную смесь разделяют на компоненты — азот и кислород. Сооружение этих аппаратов и их эксплуатация отнюдь не удешевляют процесс производства соединений азота.

Затем надо получить водород. Для этого чаще всего прибегают к электролизу воды. Тут необходимо затратить очень много электроэнергии: ведь при разложении каждых 18 граммов воды образуется всего 2 грамма водорода.

Как видим, **уже** затрачено много труда и электроэнергии, но

еще продукта нет, а получены только исходные вещества для его синтеза.

Смесь азота и водорода запускают в аппараты, где поддерживаются температура около 600 градусов и давление около 1000 атмосфер. В этих условиях, да еще с применением специального катализатора образуется первое из промышленных соединений азота — аммиак.

Окисляя аммиак с помощью специальных катализаторов, можно получить окислы азота, а уж из последних второе из важнейших соединений азота — азотную кислоту.

Соединения азота необходимы современной промышленности — не только сельскому хозяйству. Не случайно почти в каждом учебнике химической технологии приводится фраза о том, что уровень цивилизации общества определяется количеством потребляемых соединений азота.

Без азотной кислоты не работает ни одно химическое предприятие. Без аммиака нельзя было бы производить сотни различных веществ и материалов. А потом… Нет, в самом деле, очень обидно — жить на дне азотного океана и испытывать такую нужду в соединениях этого, в сущности, очень распространенного элемента. Вот уж поистине — видит око…

После того шквала технических и химических терминов, какой я обрушил на читателя, нетрудно представить совсем простую установку. Труба, обычная труба. В одно отверстие трубы засасывается воздух. Из другого отверстия выходят… окислы азота. Внутри трубы ничего нет. Абсолютно гладкие стенки.

Вы спрашиваете, из какого материала сделана труба? Из нержавеющей стали. Но если бы труба была сработана из стекла, платины, золота или из хрома, право, ничего не изменилось бы. Она так же исправно превращала бы воздух в окислы азота. Ну, а окислы азота, будучи поглощены щелочью, и есть превосходное азотное удобрение. Поэтому следует отнестись к этой трубе с уважением: она заслуживает того, чтобы назвать ее заводом для производства азотных удобрений.

Затрата энергии? Только на засасывание воздуха. Транспортные расходы? Только на подвозку щелочи, которая поглощает окислы, да на доставку готового продукта на поля. Обслуживающий персонал? Один человек, которому очень скучно, потому что забот у него нет никаких: мотор, засасывающий воздух, работает исправно, а все остальное происходит само по себе. Нет, этот дяденька, обслуживающий трубу, — вовсе не старик Хоттабыч и даже не дипломант Академии хиромантии и оккультных наук. Это скромный техник, окончивший трехмесячные курсы по производству удобрений.

Где такая труба существует? Где готовят техников, добывающих удобрения из воздуха? Существует эта труба вместе с ее хозяином в моей фантазии. Но выдумал я ее не от желания пофантазировать. Это просто наглядная схема, только выраженная не в рисунке, а, быть может, в несколько пространном словесном изложении. Но мне важно было, чтобы все это читатель понял как можно лучше.

Впрочем, о самом главном я не упомянул. А самое главное — это находящаяся в трубе небольшая ампула, которая и наделяет ее поразительной способностью заставлять азот и кислород реагировать друг с другом. В ампуле радиоактивный изотоп кобальта с атомной массой 60. Он испускает гамма-лучи, которые и творят это химическое чудо.

Сталкиваясь с молекулами азота, гамма-лучи ионизируют их, разбивают на отдельные атомы. Дальнейшая картина уже знакома. Насколько ленивы и инертны атомы азота, связанные в молекулу, настолько энергичны и активны атомы этого элемента, существующие порознь. Вот почему они немедленно реагируют с молекулами кислорода, всегда находящегося поблизости: ведь воздух — это смесь азота и кислорода.

Вот и весь процесс связывания атмосферного азота. Я, конечно, выразился не совсем точно, утверждая, что этот процесс не требует затраты энергии. Но расходуется лишь «даровая» энергия — энергия радиоактивного распада: радиоактивный кобальт отдает ту избыточную энергию, которую накопил в ядерном реакторе.

От приведенной только что общей схемы до ее промышленного воплощения еще многие «километры» пока нерешенных проблем. Возможно, будущая установка для радиационно-химического превращения азота в окислы азота не будет походить на нашу схему-трубу. И скорее всего она будет более сложной. Но все-таки с гордостью можно отметить, что сегодня экономисты уже не занимаются тревожными подсчетами, вычисляя, на сколько лет хватит чилийской селитры. Нынче экономисты заняты более веселым делом: они подсчитывают расходы и доходы, связанные с внедрением радиационно-химического синтеза соединений азота. А там, где в дело входят экономисты — там дело будет: эти люди менее всего склонны к фантазиям.

* * *

Есть такая поговорка: «Против природы-матушки не пойдешь!» Не любят эту унылую поговорку химики, ох как не любят! Но если при данных условиях данная реакция не протекает, то что тогда делать? И впрямь «не пойдешь»!

«Не пойдешь»?

* * *

В ракету загрузили тонну горючего, что позволило ей развить скорость 4 километра в секунду. Спрашивается, сколько горючего необходимо загрузить в ракету, чтобы сообщить ей первую космическую скорость — 8 километров в секунду?

Кто-то уже с ответом поспешил: 2 тонны! Не торопитесь, я задам еще одну задачу.

В лесу живет стая из 10 волков. Каждый волк за день съедает одного зайца. Если в этом лесу имеется 300 зайцев, то сколько лет местному леснику?

В общем-то, задачи одного типа — «сумасшедшие». Скорость ракеты ничуть не зависит от количества горючего. Зависит она от скорости сгорания горючего. Две тонны горючего не станут гореть быстрее, чем одна тонна, а быть может, даже медленнее. Ну, а что касается зайцев, то тут, видимо, пояснять не приходится.

Есть такое выражение: «Горит быстро, как порох». «Быстро, как порох»? Поговорка безнадежно устарела! Конечно, по прежним понятиям о скорости это было очень быстро. Но теперь, когда космические полеты стали, хотя и неизменно волнующим, но привычным событием, теперь такая скорость не может считаться чем-то необычным.

Оказывается, многие авиаконструкторы очень не жалуют химиков. Конечно, свои нелестные мнения они не обнародуют, разве что в тесном кругу, но про себя они высказываются достаточно откровенно. Причина? Очень ясная, чем-то оправдывающая конструкторов. Скорость сгорания горючего в камерах авиамоторов является одной из причин теоретического, а теперь уже и практического предела возможной скорости самолетов.

В самом деле, если горючее не может сгорать быстрее того, чем ему определено природой, то в конце концов может наступить предел, когда скорость реакции горения не поспеет за скоростью самолета.

А как же ее, эту скорость, увеличишь? Ведь не химик же

создал именно такое расположение атомов в молекуле горючего. Не он придумал, чтобы разрыв молекулы горючего при столкновении с молекулами кислорода протекал именно с такой скоростью, и никак не большей. И потом — «против природы-матушки не пойдешь!»

Рассказывай я об этом отнюдь не мимолетном конфликте между авиаторами и химиками пару десятков лет назад, то этим унылым возгласом и пришлось бы ограничиться. Но сейчас уже виден путь, следуя которым можно авиахимический конфликт сделать достоянием истории.

Представим себе камеру двигателя внутреннего сгорания. Камера как камера. Только изнутри покрыта тонким, очень тонким слоем радиоактивного элемента. Казалось бы, пустяк. Но горючее в такой камере сгорает гораздо быстрее. А соответственно и увеличивается тяга двигателя.

Радиоактивное излучение расщепляет как молекулы кислорода, так и молекулы горючего. А атомарный кислород, понятно, вступает в реакцию быстрее, чем его молекулярный собрат. Осколки молекул горючего также не сравнить с «целыми» молекулами по скорости их окисления кислородом.

А раз быстрее происходит реакция сгорания — быстрее выбрасываются газы из камер, быстрее движется самолет.

Но увеличение скорости — не единственная заслуга радиоактивности в этой проблеме, и даже не самая важная заслуга. Что же может быть важнее скорости движения?

Важнее может быть тот «хвост», который тянется из выхлопной трубы несущегося по улице автомобиля. Стоит мотору немного «забарахлить» — сразу сзади автомашины появляется свидетельство неисправности: сизые клубы дурно пахнущего дыма. Да и исправная автомашина выбрасывает из выхлопной трубы отнюдь не только безобидный углекислый газ.

В камере двигателя внутреннего сгорания, даже самого совершенного, горючее не успевает сгорать целиком. Какая-то часть паров бензина выбрасывается в воздух вместе с продуктами сгорания. Чем двигатель лучше, тем меньше бензина пропадает впустую. Но потери все же неизбежны: попросту бензин не успевает сгорать за то малое время, какое необходимо на один такт поршня.

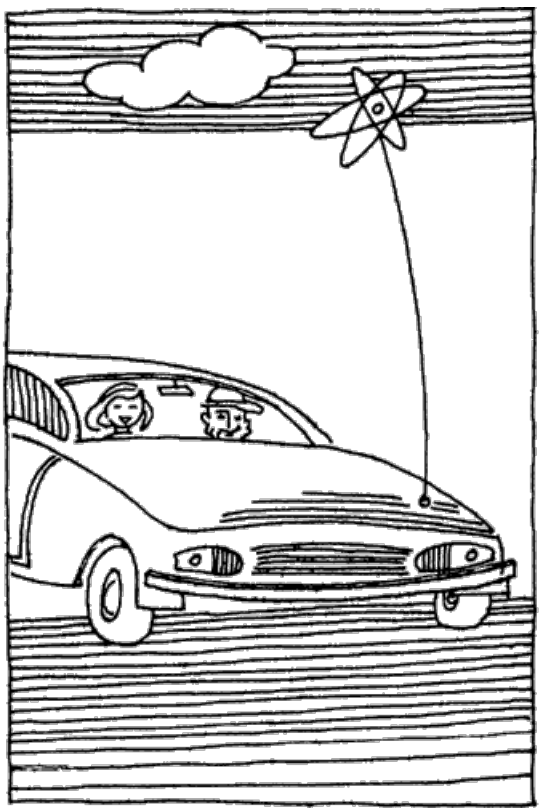
Не знаю, подсчитывал ли кто-нибудь, сколько горючего пропадает впустую из-за этого неприятного обстоятельства. Конечно, миллионы тонн в год, а быть может, и больше. Потому что количество автомашин на земном шаре теперь не счесть даже самому ретивому статистику. Обидно? Еще бы!

А загрязненный воздух в больших городах? Сколько об этом

писано! А что делать? Запретить автобусам и автомобилям ездить по городским улицам?

Ну, как тут не помечтать об автомашинах с радиоактивными камерами внутреннего сгорания? Ведь в таких камерах горючее будет сгорать до самой последней молекулы. Городской воздух очистится, а скорость автомашин… Впрочем, скорость автомобилей в городе повышать, пожалуй, и не следует.

Воплотиться мечте в конкретное техническое решение мешает пока очень многое, не говоря уже о том, что неясно, как защитить шофера и пассажиров от действия радиации. Да и о пешеходах не мешало бы подумать.



Можно было бы окружить машину защитным слоем, но это сделало бы ее очень громоздкой. Можно было бы предложить автоконструкторам идею автомобиля, мотор которого был бы отделен от кабины и находился бы на отдельной тележке. Но нетрудно представить, что идея эта не вызовет энтузиазма конструкторов.

Впрочем, дело обстоит далеко не безнадежно. Сейчас химики усиленно исследуют радиационно-химические превращения,

возникающие при прохождении через вещество бета-лучей. Между химическим действием гамма- и бета-лучей имеется очень много общего. Однако проникающая способность бета-излучения во много раз меньше, чем гамма-лучей.

Вот почему если камеры двигателей изнутри покрыть слоем какого-либо бета-активного изотопа, то лучи, пронизывая горючее и совершая там свое «разрушительное» дело, не смогли бы, однако, вырваться за пределы цилиндра, поскольку преграда из слоя металла для них непреодолима.

Будем надеяться, что не за горами время, когда по улицам городов, по шоссе пойдут автомобили, у которых на радиаторе вместо традиционного оленя будет красоваться символ атома — ядро, окруженное орбитами электронов.

* * *

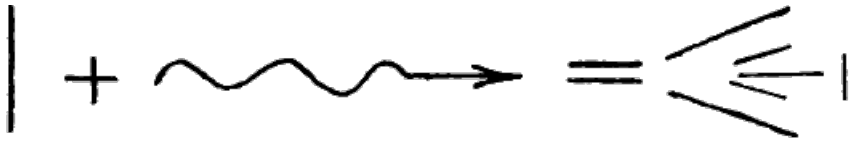
Коль скоро затронута проблема рационального использования горючего, то, безусловно, нужно рассказать и о радиационно-химическом крекинге. За этим сухим термином кроется бездна химико-технологической романтики. Именно химико-технологической. И именно романтики.

* * *

В каждом более или менее солидном научном учреждении, какое с целью ознакомления либо с намерением поднабраться опыта посещают различные делегации, обязательно имеется хотя бы один научный сотрудник, которому эта в общем-то нудная обязанность водить группы, рассказывая всякий раз одно и то же, особенно по душе. Подозреваю, что каждый из них — по каким-то причинам несостоявшийся актер, и не удивлюсь, если узнаю, что такой гид перед тем как подать документы в химико-технологический институт, провалился на экзаменах в школу-студию МХАТа.

Вот и здесь, в институте, занимающемся проблемами радиационной химии, нас водит по лабораториям приятный молодой человек с манерами индусского факира достаточно высокой квалификации. Начинает он с того, что, подойдя к

висящей на столе доске, изображает нечто непонятное:



Довольный произведенным эффектом, гид тут же дает пояснения:

— Сплошная черта — это изображенная схематически молекула углеводорода, скажем, гексана C_6H_{14}, того самого, который вы видите в этой колбочке. Символ

означает облучение, в данном случае гамма-лучами. Ну, а маленькие черточки — это осколки молекулы, образовавшиеся в результате облучения. Вся соль процесса — обратите внимание! — в том, что черточки эти имеют самую различную длину.

На этом пояснение было прервано, и нас повели в соседнее помещение, в одной из стенок которого был люк, через который образцы автоматически подавались к «кобальтовой пушке». Кобальтовой она называется потому, что облучение производится гамма-лучами, которые испускает радиоактивный изотоп кобальта с атомной массой 60. Ну, а почему «пушка», понятно и без комментариев.

Пока проводится облучение, гид отводит нас еще в одну комнату, где стоит газовый хроматограф — прибор, с помощью которого можно быстро и эффективно проанализировать любую смесь; хроматограф уверенно определит, сколько соединений находится в смеси, какие именно это соединения и каково их соотношение. Здесь в облике старшего научного сотрудника снова появляется что-то факирское:

— Прошу обратить внимание, — торжественно восклицает он. — Я запускаю в хроматограф образец того гексана, который сейчас облучается на пушке. И мы видим, что это, во-первых, действительно гексан. А во-вторых, мы видим, что это чистый, можно сказать, даже очень чистый гексан: один пик и никаких побочных пичков.

Мы соглашаемся с тем, что это действительно гексан, можно сказать, даже очень чистый гексан.

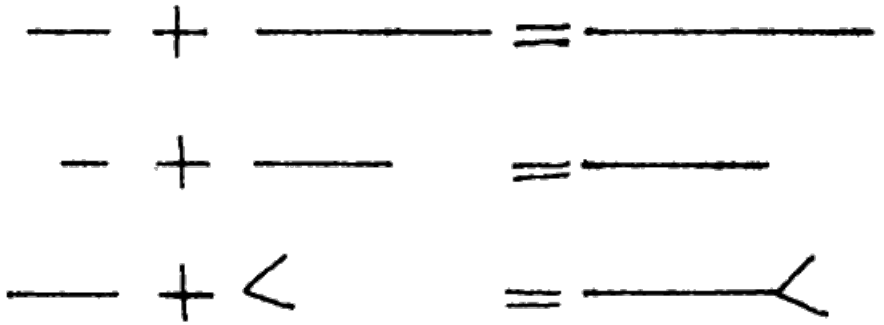
Вскоре приносят облученный образец. Внешне ничего не изменилось: такая же прозрачная жидкость. Но «факир» запускает ее в хроматограф, и — ого! — из прибора ползет бумага, на которой изображены Кордильеры, никак не меньше: сплошные горы. Явно удовлетворенный «факир» подсчитывает и объясняет:

— Двадцать шесть!

— Ого! — синхронно вырывается у нас. — Двадцать шесть соединений из одного гексана!

— Что же здесь удивительного?! — говорит гид тоном, не оставляющим сомнения в том, что удивительное здесь присутствует, и в большом количестве. — Прошу к доске!

Стерев написанное прежде, гид молча и многозначительно чертит что-то вроде:



— Понятно? — спрашивает он усталым тоном артиста, который, закончив выступление, выходит на аплодисменты.

— Понятно, — отвечаем мы.

Действительно, куда понятнее. При облучении молекула гексана разлетается на осколки самой разной длины. Молекула, в которую попал гамма-квант, может распасться на две половинки: из C_6H_{14} может получиться два осколка C_3H_7. Но чаще всего осколки бывают неодинаковы, скажем, C_4H_9 и C_2H_5, C_5H_{11} и CH_3 и даже C_6H_{13} и H.

Все эти частицы не обычные молекулы, это радикалы, соединения, которые не могут существовать сколь-нибудь долгое время в свободном состоянии. Поэтому они немедленно (за ничтожные доли секунды) соединяются друг с другом. Но кто сказал, что радикал обязательно должен соединяться со «своим» радикалом? Ничто не может помешать соединиться двум радикалам C_6H_{13}, и нетрудно догадаться, что при этом образуется углеводород $C_{12}H_{26}$ с длиной цепочки, вдвое большей, чем у исходного гексана. Но могут соединиться и два радикала водорода, т. е. H + H, и образуется маленькая молекула водорода. Словом, в причудливой смеси, образовавшейся в результате облучения углеводорода радиоактивным излучением, может раскладываться самый причудливый пасьянс, в результате которого и образуется несколько десятков различных устойчивых химических соединений.

Но самое главное — это то, что длинные цепочки углеводорода при облучении распадаются на короткие. А ведь это и есть процесс крекинга. Тот самый крекинг нефти, ради осуществления которого строятся громадные заводы, потребляющие уйму энергии.

Оказывается, громоздкие аппараты, высокие температуры, громадное давление можно заменить одним-единственным процессом облучения гамма-лучами.

Вот эта одна последняя фраза и десятки фраз, которые несколькими страницами ранее потребовались для описания

процесса крекинга нефти в обычном, термическом, варианте, дают представления о соотносительной сложности радиохимического и традиционного крекинга.

Как видим, не всегда развитие заключается в переходе от простого к сложному. Бывает и наоборот…

* * *

*Существует проблема, одинаково волнующая представителей всех наук. Вокруг нее концентрируются интересы химиков и физиков, биологов и геологов, астрономов и географов. Называется она «**Происхождение жизни на Земле**». Полагаю, что нет нужды пояснять важность проблемы.*

Подчеркну другое: и здесь естествознание не могло обойтись без учета роли радиоактивности, роли важной и во многом определяющей.

* * *

Любителям развлекательного чтения придется поскучать, потому что вначале пойдут сухие сведения из некоторых точных наук.

Сведения из общей химии:

Первое. При действии водорода на углекислые соли различных металлов (карбонаты) в условиях высокой температуры образуются соединения металлов с углеродом — карбиды.

Второе. При взаимодействии карбидов с водой образуются углеводороды (например, всем хорошо известная реакция взаимодействия с водой карбида кальция; при этом образуется ацетилен).

Третье. Углеводороды при высокой температуре могут взаимодействовать с аммиаком, образуя соединения, содержащие углерод, водород и азот.

Сведения из геологии. 3–3,5 миллиарда лет назад атмосфера Земли состояла из водорода, метана, паров воды и аммиака.

Сведения из биохимии. Молекула белка вируса табачной мозаики содержит около 2 миллионов атомов.

Вот теперь, вооруженные грузом полезных сведений, можем подступиться к тайнам происхождения жизни.

То, что в первичной атмосфере Земли существовали углеводороды, аммиак и вода, знали давно. В этих соединениях содержится углерод, водород, кислород и азот — главные элементы, из которых построено живое вещество. Это навело ученых на мысль, что именно первичная атмосфера Земли стала той основой, на которой возникла жизнь.

Но до такой мысли дойти не так уж трудно. А вот поди докажи, что все произошло именно так. Что соединения первичной атмосферы, усложняясь, постепенно превратились в молекулы, которые легли в основу живого вещества.

Сказана всего одна фраза. А в ней заключено очень много. В молекуле метана пять атомов, в молекуле аммиака — четыре, в молекуле воды и того меньше — три. А в молекуле одного из простейших белков — вируса табачной мозаики — сколько? 2 миллиона.

— Ну и что, — беспечно заметит иной из читателей, — высокая температура, быть может, давление. Ну и мало ли что могло случиться! Могли сами собой синтезироваться такие сложные соединения.

Что же, попробуйте загрузить в какой-нибудь сосуд все эти газы. И проделывайте над ними какие угодно манипуляции. Можете нагревать, можете сжимать до чудовищных давлений, можете, наконец, читать над этим сосудом наиболее выразительные места из фундаментального курса органической химии. Держу пари, что ничего, кроме разве что простейших аминов да аминоуксусной кислоты, вы в этой смеси не найдете. Ну, можно еще перепробовать с дюжину наиболее эффективных катализаторов. Количество соединений увеличится до двух десятков. Но это будет все. Большего добиться не удастся.

Но ведь от метиламина и аминоуксусной кислоты до самого незамысловатого белка дистанция необозримого размера! И пока совсем неясно, как могли пройти этот путь несложные органические молекулы.

Вот почему все прежние теории происхождения жизни, а их было не так много, словно сговорившись, начинались с истории развития белка: как из белка сформировались клетки, из клеток — организмы, и тому подобное. Ну, а как возник белок?

Вот тут астрономы — а все прежние рассуждения о возникновении жизни принадлежали именно им — пошли на поклон к химикам: дескать, помогите, сами не разберемся.

— Самим-то и нам, пожалуй, не справиться, — засомневались химики.

— Так мы поможем! — ободрили астрономы.

— Ну что ж, разве что вместе… Попробуем.

Началось с вопросов.

— Чем отличалась первобытная атмосфера от нынешней, это мы уже знаем, — сказали химики. — Но не можете ли вы сообщить, чем еще отличалась планета от нынешней?

— Вращалась быстрее… — стали перечислять астрономы.

— Нет, не то, — отвечали химики.

— Похоже, что диаметром меньше была, но это не очень точно.

— И это не то, — привередничали химики.

— Магнитный полюс был не там.

— Ну и шут с ним!

— И Северный полюс не там был.

— А с тем и подавно! — сурово ответствовали химики.

— В атмосфере кислорода не было, — выложили астрономы свой последний козырь.

— А вот в этом что-то есть! — обрадовались химики. — Раз не было кислорода, сильно поглощающего космические лучи и ультрафиолетовое излучение Солнца, то эти разновидности излучения беспрепятственно проникали к нижним слоям атмосферы и даже к поверхности планеты. И могли, расщепляя молекулы газов атмосферы, насинтезировать там много разных соединений.

— Ну, если говорить об излучении, — воспрянули духом астрономы, — то следует учесть, что тогда, 3,5–4 миллиарда лет назад, радиоактивных элементов в земной коре было куда больше. Так что атмосфера тогда получала солидную долю жесткого излучения еще со стороны литосферы, так сказать, не только сверху, но и снизу.

— Нельзя ли подсчитать, хотя бы приблизительно, какой уровень радиоактивности был в то время на поверхности нашей планеты? — деловито осведомились химики.

— Приблизительно? Зачем — приблизительно? — чуть обиделись астрономы. — Мы и точно можем! — и выдали требуемую величину.

— Ого, крепко! — уважительно удивились химики. — Здесь безусловно что-то должно получиться.

С этими словами химики отправились в лаборатории для того, чтобы провести эксперименты, моделирующие условия, какие были на нашей планете вскоре после того, как сформировалась твердая оболочка и атмосфера (конечно, даже в малой степени не походившие на то, что мы видим сейчас).

В колбах были смешаны метан, аммиак, вода, простейшие

углеводороды. На всякий случай установили уровень внешнего электромагнитного поля, соответствующий той геологической эпохе. Учли, что тогда первичную атмосферу пронизывали сильнейшие разряды-молнии беспрерывных гроз — воспроизвели и разряды. И наконец, облучили смесь источниками радиоактивного излучения.

Один шутник предлагал даже для пущего правдоподобия занавесить окна, чтобы в лабораторию не проникал лунный свет — астрономы утверждали, что тогда, быть может, Земля еще не обзавелась спутником.

С Луной, без нее ли, но опыт дал результаты, которые удивили химиков, а астрономов привели в состояние живейшего восторга. Оказалось, что из сравнительно несложных исходных веществ в тех неспокойных условиях, какие царили на Земле в начальные периоды ее развития, образуются достаточно сложные и разнообразные органические соединения.

Примечательно, что в образующейся смеси присутствуют многие из тех аминокислот, которые входят в состав практически всех белков биологического происхождения: глицин, аланин, валин и многие другие. Там же обнаружили и азотистые основания, также входящие обязательной составной частью в любое живое вещество: аденин, тимин, урацил.

Кроме того, эти необычные опыты химиков, преследующие своей целью узнать, как протекали реакции в земной атмосфере четыре миллиарда лет назад, показали, что там образовывались и органические соединения, пусть не очень сложного строения, но обладающие сильным стремлением вступать во взаимодействие — цианистый водород, формальдегид, муравьиная кислота, мочевина. Специалисты в области органической химии хорошо знают, что перечисленные соединения, реагируя друг с другом, а также с иными веществами, приводят к образованию соединений, молекулы которых состоят из десятков и даже сотен атомов углерода, водорода, кислорода, азота — тех основных элементов, из каких состоит живое вещество.

Затем выяснилась дополнительная роль радиационно-химических превращений в органической химии «далекого прошлого». Если облучать сравнительно малыми дозами радиоактивного излучения сосуд, в котором растворены органические соединения с малой молекулярной массой — не более 40, то через несколько суток в сосуде, моделирующем в данном случае первичный океан Земли, образуются органические соединения с молекулярной массой, превышающей 3000. Вот какими стремительными темпами происходит при воздействии радиоактивности укрупнение органических молекул!

* * *

Не перегнул ли автор палку в своем стремлении «возвеличить» роль радиоактивности? Получается, что происхождение Земли, Солнечной системы, да и звезд, вообще, стало быть, и Вселенной, обусловлено законами радиоактивности. А теперь, оказывается, и жизнь произошла благодаря радиоактивному облучению.

Выходит, что так. Впрочем, тема далеко еще не исчерпана, и по-моему, самое интересное еще впереди.

* * *

Тот самый стул, на котором вы сидите, спокойно читая книгу, каждую минуту испускает 40 000 (сорок тысяч!) бета-частиц. Да, именно столько атомов распадается в стуле за одну минуту. Так что за то время, что вы читали вступительные фразы этого раздела, стул успел выбросить из себя в окружающее пространство, в том числе и в читателя, около сотни тысяч бета-частиц.

Постойте, не торопитесь выбрасывать стул. Поступив так, вы бы совершили крайне опрометчивый поступок. Потому что, во-первых, этот стул, несмотря на свои ежеминутные 40 тысяч распадов, абсолютно безвреден, а во-вторых, любой иной стул, если он будет только сработан из дерева, окажется не менее радиоактивным.

Я напрасно нагоняю зловещего тумана. В моем сообщении о 40 тысячах распадов в обычном стуле для читателя не должно быть ничего неожиданного. Помните, во второй главе, где много рассказывалось о радиоактивном углероде, сообщалась любопытная цифра: каждый грамм углерода биологического происхождения в минуту дает 16 распадов за счет примеси радиоактивного изотопа углерода-14, Подсчитав содержание углерода в дереве, из которого сделан стул, вы и получите величину 40 тысяч распадов в минуту.

Тот, кто, прочитав эти строки, задумает освободиться от деревянной мебели, поступит чрезвычайно глу… или, лучше скажем, легкомысленно. Не говоря о том, что эта акция не

вызвала бы восторга домашних, она ничуть не способствовала бы снижению радиоактивности жилища. Почему?

Потому что в вашем доме есть стены. А стены содержат значительное количество калия. А калий содержит примесь естественного радиоактивного изотопа. А атомы этого радиоизотопа (калия-40) испускают бета-лучи.

— Что за напасть! — горестно удивится иной пессимист. — Никуда от этой радиоактивности не денешься. Вот что цивилизация наделала! Уйду в лес и буду жить на природе — уж там никакого излучения не будет!

Бедняга пессимист, его следует жестоко разочаровать. В лесу он будет жить в шалаше из веток, спать станет на соломе, а в костер пойдут шишки. А ведь во всех этих вещах радиоактивного углерода ничуть не меньше, чем в той деревянной мебели, которую он так непредусмотрительно выбросил.

Впрочем, если бы этот паникер, решив быть последовательным до конца, вздумал обходиться без шалаша и без сена, то едва ли ему от этого было бы лучше. Потому что могу

сообщить ему следующее «успокоительное» известие: каждую минуту в его теле распадается приблизительно 800 000 (да, да, линотипист не ошибся — именно восемьсот тысяч) атомов различных радиоактивных элементов.

— Эге, не ошибся линотипист, так автор что-то напутал! — скажут иные читатели. — Восемьсот тысяч! Что-то очень много…

Много или мало — это уже зависит от точки зрения. А вот то, что распадов и впрямь не меньше названной величины — это точно.

На долю углерода приходится около 200 тысяч распадов в минуту (умножьте вес углерода в теле человека средних габаритов на 16, и вы получите эти 200 000).

Еще примерно 400 тысяч распадов в минуту приходится на радиоактивный калий. Ведь калий — один из самых распространенных элементов организма. Итого 600 тысяч.

Недостающие 200 тысяч с лихвой покрывают тяжелые радиоактивные элементы: уран, торий, радий. Пусть эти элементы содержатся в организме в ничтожно малом количестве, зато они обладают большой интенсивностью излучения и сравнительно небольшим периодом полураспада. Вот почему вклад их в общую радиоактивность организма велик в сравнении с их содержанием в живых тканях.

Говоря о радиоактивном распаде атомов в живом организме, нельзя забыть и о космическом излучении. Действие его на организм почти ничем не отличается от действия радиоактивных лучей. Поэтому мы без колебаний можем приплюсовать еще тысяч двести распадов. И считать, что в среднем в теле человека за минуту распадается миллион атомов.

Вот теперь впору поставить вопрос: как относятся живые организмы к этому беспрерывно — с рождения и до смерти — пронизывающему их излучению?

Вопрос этот впервые возник, конечно, у биологов. И они, считая себя не очень сведущими в вопросах радиоактивности, обратились к физикам.

— Сколько? — переспросили те. — Миллион распадов в минуту? Скажите, страсти какие! Ведь это всего 0,0005 (пять де-сяти-ты-сяч-ных!) милликюри (есть такая единица радиоактивности). А мы и с пятью милликюри работать будем, и никакого вреда нам от этого не предвидится. Так что ваш миллион распадов в минуту для нас даже не детская игрушка, а так себе — ерунда!

— Так уж и ерунда? — засомневались биологи и приступили к опытам. И были те опыты интересными, и даже очень. Биологов давно интересовал вопрос, почему клетки в живых организмах так

нуждаются в калии и большей частью безразличны к натрию. В самом деле. Мы повсюду слышим: «калийные удобрения», но вот о «натриевых» что-то не слыхать.

Те из вас, кто интересуется биологией всерьез, могли читать о калиевом балансе в организме. Но вот о натриевом читать вам не придется.

Вопрос не простой. На него не ответишь, что, дескать, так захотела природа — и все (впрочем, «так захотелось природе» — это не ответ на любой научно — научно! — поставленный вопрос, а просто отговорка).

Дело в том, что натрий и калий, особенно однозарядные ионы этих элементов (а в природе натрий и калий встречаются в виде солей, в состав которых входят именно однозарядные ионы), походят друг на друга, как родные братья. Да они и есть братья. Расположены в одной группе, даже в одной подгруппе — раз. Имеют близкие физические свойства — два. Еще более сходные химические свойства — три. И даже в земной коре содержатся в одинаковом количестве — четыре. Поверьте, я без труда мог бы продолжать до «пяти», «шести», «десяти» и «двадцати двух». Но и так ясно, что братья-то братья, но живые организмы для своего развития решительно предпочитают калий натрию.

Один из опытов, поставленных для изучения биологической роли калия, можно без колебаний назвать красивым. А это немаловажно, когда опыт не только поучителен, но и красив.

Через изолированное сердце лягушки пропускали питательный раствор, в состав которого входили все необходимые вещества и, конечно же, соединения калия. Сердце исправно сокращалось и, казалось, не замечало тех необычных условий, в которых оно находится.

Но вот в растворе мало-помалу соли калия стали заменять соответствующим количеством солей натрия. Сердце сразу же прореагировало на это: ритм биения стал медленнее, сокращения — вялыми. Наконец, когда весь калий был заменен на натрий, сердце остановилось.

Тогда к натриевому раствору добавили незначительное количество радия. В весовом выражении это была совершенно нечувствительная величина. Но поскольку радиоактивность радия много выше, чем калия-40, радиоактивность питательного раствора стала такой же, как радиоактивность исходного раствора, когда в нем были только соли калия. Сердце начало сокращаться снова и билось исправно столько времени, сколько вообще положено биться сердцу, извлеченному из организма.

Можно ли показать более наглядно, что живым клеткам необходим не столько калий как таковой, сколько его

радиоактивность? Между прочим, отличные результаты получались и тогда, когда радий не вводили в питательный раствор, а облучали лягушечье сердце радием извне. И в этом случае сердце ритмично и правильно сокращалось, радуя экспериментаторов.

И снова — в который раз! — было получено доказательство того, что процессы, протекающие в организме, — не просто совокупность каких-то химических реакций, каких-то физических явлений. Нет, биологию не сведешь к учебникам физики и химии.

То, что для физиков представляется малостью, на которую и внимания-то обращать не хочется, организм, как видно, использует, и притом весьма целесообразно. В самом деле, не мог же он позволить, чтобы миллион распадов в минуту — целый миллион! — пропадал без дела.

Открытие сразу же было взято на заметку. А что, если попробовать облучать радиоактивными лучами растения — скажем, табак. Посмотрите на рисунок. Два цветка табака, которые выращивались в абсолютно равных условиях. Левый рос как обычно. А правый облучали каждый день малыми порциями радиоактивных лучей. Результат очевиден.

Вот почему на экспериментальных полях многих научных институтов можно видеть любопытную картину. Поле как поле. На одном участке наливаются соком помидоры, на другом взвиваются побеги огурцов, на третьем зеленеют арбузы. Вдруг раздается резкий звонок. И все, кто в этот миг находится на поле, кладут сапки и лопаты и торопливо устремляются к блиндажу, который сильно смахивает на бомбоубежище. Раздается второй звонок. Идущие прибавляют шаг. После третьего звонка опоздавшие мчатся по полю со скоростью признанных спринтеров. Налет вражеских самолетов? Бомбардировка?

Ничего подобного. Самолеты на небе не появляются. А если и пролетит какой, то никто на него внимания не обратит. Зато все смотрят через перископы в центр поля. Там высится не очень высокая мачта. Через несколько секунд после третьего звонка на мачте начинает работать электромотор, который вытягивает небольшой цилиндр. Цилиндр начинает вращаться с таким важным видом, как будто из него сейчас посыплются экзаменационные билеты.

Но ничего из цилиндра не сыплется. И он, повертевшись минут пять, отправляется обратно под землю. После чего раздается резкий звонок отбоя, все выходят из блиндажа и разбирают сапки и лопаты.

Все описанное — всего-навсего экспериментальное облучение сельскохозяйственных культур. Результаты? Самые очевидные.

Урожай редиса повышается на 40 процентов, капусты — на 20, ржи — на 25, а урожай вегетационной массы гречихи — даже в полтора раза.

Интересно, что вовсе не обязательно облучать растения во время их развития. Иногда оказывается достаточным облучить семена перед посевом. Операция простая, а эффект большой.

Но неправ будет тот, кто подумает: проблема повышения урожайности решена. Дескать, теперь жизнь пойдет иная: облучай растения, собирай урожай, всего-то и делов.

Нет, влияние радиоактивного излучения на живые организмы — проблема куда более сложная, чем это может представиться из рассказанного.

Начать с того, что далеко не всегда и далеко не во всех дозах радиоактивное облучение оказывает благотворное действие на живые организмы.

Большинство жертв двух бесчеловечных атомных бомбардировок японских городов Хиросимы и Нагасаки в 1945 году обусловлено именно действием той сильнейшей радиации, какая сопровождает взрыв атомной бомбы. Кроме того, продукты распада урана или плутония («взрывчатка» атомных бомб) первые сутки после взрыва обладают громадной радиоактивностью.

Радиоактивные частицы, врезываясь в живые клетки, производят там колоссальные разрушения. Это, конечно, на пользу клетке идти не может. Ну, а если облучение задевает жизненно важные центры клетки, то клетка погибает.

Здесь надо сказать, что даже самое небольшое количество радиоактивности может нанести непоправимый вред организму. Это в том случае, если поврежденными окажутся клетки, которых в организме немного и которые несут важную биологическую функцию. Природа защитила эти клетки от тех миллионов распадов, которые происходят ежеминутно в человеческом теле. Но даже мудрая природа не смогла предусмотреть, что человек начнет заниматься, скажем прямо, глупым делом: станет бурно увеличивать уровень радиоактивности.

Вот почему любое, даже не очень значительное, превышение радиоактивного фона Земли может иметь неприятные последствия. И вот почему с первых же дней рождения атомного оружия Советский Союз ведет упорную и последовательную борьбу за запрещение этих бесчеловечных средств массового уничтожения людей и за запрещение испытаний атомного, водородного и нейтронного оружия, при взрывах которого в атмосферу выбрасываются громадные количества радиоактивных веществ.

* * *

Впрочем, имеется одна довольно мирная отрасль человеческой деятельности, где исследователи с охотой применяют радиоактивные лучи для целей… убийства. Уже созданы приборы, которые позволяют с помощью радиоактивности «одним махом» убивать миллионы живых существ. И исследователи очень довольны. Убийцы в белых халатах? Не спешите с выводами. Да и не вяжется слово «мирный» с напрашивающейся мрачной картиной.

* * *

Как представляют нынче жизнь пиратов в былые времена? Бороздит южные моря корабль под черным флагом, на котором не очень искусно намалеваны череп и кости. На корабле загорелые билли бонсы горланят непристойные песни и тянут ром из старинных, зеленого стекла бутылок. («Ио-го-го, и бутылка рому!..») Забот никаких! Разве только пограбить очередную шхуну да вздернуть сопротивляющегося капитана на реях. А потом снова за карты да за ром, за песни, пока вахтенный не приметит очередную жертву.

Ничего подобного! В действительности у пиратов была каторжная жизнь. Целый день они носились по кораблю, не имея свободной минутки. Всех дел и не перечесть!

Телят накорми. За свиньями прибери, хлев проветри. Курам дай пшена. Овец выгони на палубу. А дух, дух-то какой! Прямо хоть и не живи на свете. Вот и боцман ругается, что не уберегли молодого бычка: тюкнуло его во время шторма башкой о борт — отдал черту душу. Эх, жизнь…

Пиратов жалеть, конечно, не стоит. Но, рискуя испортить морским романтикам настроение, нельзя не заметить, что 300–400 лет назад любой морской корабль сильно смахивал на плавучую свиноферму. А как же иначе?! Корабль отправляется в плавание надолго — на много месяцев, а то и на несколько лет — и необходимо запастись пропитанием. Сидеть же годы на солонине — не очень приятно. Вот и приходится грузить на корабль живность. А за ней присмотр надобен.

Сегодня для длительных путешествий никто, конечно, не будет запасаться живыми быками. Люди придумали множество способов консервировать продукты питания — пастеризацию, копчение, соление, сахарение и многое иное. Но все эти способы изменяют первоначальные и вкус, и внешний вид, да и питательные качества продукта.

По себе знаю — после трехнедельного туристского похода даже на самые изысканные консервы смотришь без особого энтузиазма. Всего после трехнедельного… А каково экспедициям, скажем, полярникам, которые находятся в отрыве от продуктовых магазинов очень подолгу?

Согласитесь, что проблема сохранения продуктов в первозданном виде — достаточно важная. И здесь радиоактивность оказывает существенную услугу.

Радиобиологи — специалисты, изучающие действие радиоактивного излучения на живые организмы, — знают одно важное правило. Чем более высокоорганизован животный или растительный организм, тем он чувствительнее к действию радиоактивного облучения. Доза радиации, смертельная для человека, не приведет к гибели белой крысы. Радиоактивное облучение, от какого погибнет крыса, не окажет заметного действия на тараканов.

Пользуясь этими закономерностями, радиобиологи могут подбирать такие дозы радиации, какие окажутся гибельными для гнилостных бактерий, но не окажут сколь-нибудь вредного действия на пищевой продукт. Если запаковать такой облученный продукт в оболочку, непроницаемую для микробов, то теперь его можно хранить очень долго. И без всяких холодильников.

Гамма-лучи — надежное средство стерилизации лекарственных препаратов. Выгода этого способа очевидна. Очень многие лекарственные вещества, например, растворы для инъекций, нельзя обеззараживать нагреванием, так как оно разрушает органические вещества, входящие в состав лекарства. Радиохимическое облучение же не сопряжено с разогреванием и поэтому так пришлось по душе фармацевтам.

Ну, а коль скоро радиобиологи справляются с микробами, то с тем большим успехом они могут уничтожать личинки мух и вредных паразитов, которые грозят качеству мясных продуктов.

Еще одна отрасль промышленности с удовольствием прибегла к радиационной стерилизации. При производстве лекарственных веществ и препаратов, особенно тех, которые используются для приема внутрь или для инъекций, основной заботой является их стерилизация. Но хорошо, если препарат выдерживает продолжительное нагревание. Тогда ампулы с этим

препаратом кипятят нужное время — и проблема решена.

Ну, а если препарат разлагается при нагревании? Тогда приходится туго. Тогда прибегают к различным ухищрениям, которые удорожают стоимость лекарства, нередко в десятки раз.

А ведь нагревание можно заменить радиооблучением на протяжении 2–3 минут — и препарат стерилен в такой же степени, как при многочасовом кипячении.

И еще в этой главе о радиационной химии и радиобиологии следовало бы рассказать, как с помощью радиоактивности

— ускоряют рост дрожжей,

— быстро и эффективно окисляют химические вещества,

— убивают вредителей в зерне, чем резко повышают будущий урожай,

и еще о многих вещах, не менее интересных и важных, чем те, о которых было рассказано и на которые тем не менее не хватило ни места, ни времени.

Но что поделаешь? Обо всем рассказывают только энциклопедии. Да и те не поспевают за стремительным бегом науки.

* * *

Читатель, вместе с автором дошедший до конца книги, вправе задать вопрос:

— Что же, вы считаете, что из всех явлений, окружающих нас в нашей жизни, в природе, во Вселенной, радиоактивность — самое что ни на есть важное?

Ответить на этот вопрос не просто. С одной стороны, для каждого специалиста предмет, какому он посвятил свою научную жизнь, — космогония, анатомическое строение органов осязания у черных тараканов, синтез новых элементов, уточнение седьмого члена в уравнении движения материальной точки в упруго-вязкой среде, — этот предмет САМЫЙ ВАЖНЫЙ. С другой стороны, каждый из них понимает, что в нашей жизни, в природе, во Вселенной все так тесно взаимосвязано и так непосредственно влияет друг на друга, что не важных явлений не бывает, попросту не может быть. И каждое из них может быть предметом отдельной книги, такой, как эта книга о роли радиоактивности в нашей жизни, в природе, во Вселенной.

Оглавление

Глава первая. Открытие, которое началось с конца … 6
Глава вторая. Часы с заводом на 100 миллиардов лет … 27
Глава третья. Во вселенной всегда весна … 45
Глава четвертая. О Наполеоне Бонапарте, растворимости и многом другом … 65
Глава пятая. Третий путь … 88

Книга об открытии, вероятно, самом значительном за последние 100 лет — о радиоактивности. Именно открытие в радиоактивной химии дает ответы на вопросы о том, откуда возникли химические элементы, погаснет ли Солнце, было ли начало и будет ли конец света.

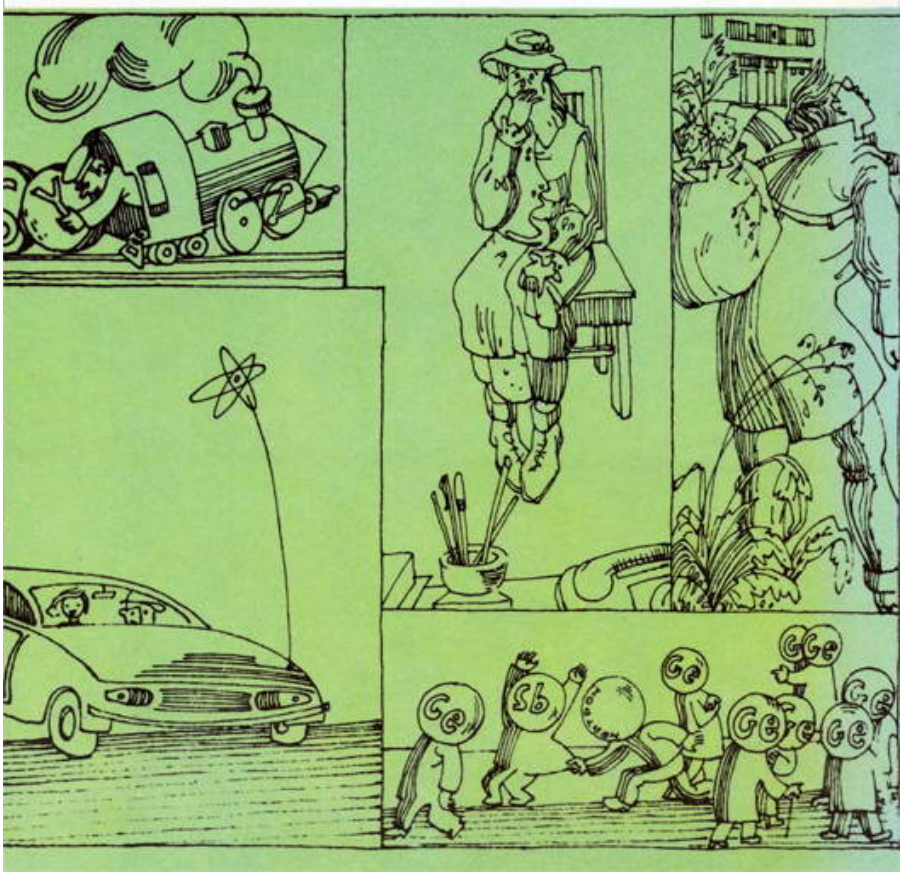
Причудливая история газа аргона, рождение, гибель и возрождение химических элементов в вечно молодой Вселенной, упрямые числа 43, 61, 85 и 87, химический состав далеких миров; часы с заводом на миллиарды лет; обстоятельства смерти Наполеона Бонапарта; возникновение живого вещества, на Земле — все явления и события, о которых рассказывается в этой книге, объединены общей темой «радиоактивность».

О важной, часто решающей роли радиоактивности в
нашей жизни,
в природе,
во Вселенной
рассказывает автор.

70 коп.

Причудливая история газа аргона, рождение, гибель и возрождение химических элементов в вечно молодой Вселенной, упрямые числа 43, 61, 85 и 87, химический состав далеких миров; часы с заводом на миллиарды лет; обстоятельства смерти Наполеона Бонапарта; возникновение живого вещества, на Земле — все явления и события, о которых рассказывается в этой книге, объединены общей темой «радиоактивность».
О важной, часто решающей роли радиоактивности
в нашей жизни,
в природе,
во Вселенной
рассказывает автор.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»



notes

Примечания

1

«Известковая земля» — прокаленная известь, оксид кальция, как называют его сегодня. В трубке же протекали процессы, сущность которых, очевидно, понятна: основные компоненты воздуха азот и кислород под действием электрической искры вступают во взаимодействие, образуя окислы азота, которые отлично поглощаются известковой водой — раствором гидроокиси кальция.

2

Сегодня уже научились получать химические соединения (правда, большей частью неустойчивые) инертных газов с наиболее активными элементами — фтором, кислородом. Впрочем, легкие инертные газы — гелий, неон, аргон пока что остаются верными своему эпитету.

3

Подробнее о получении искусственных элементов написано в книгах автора «Девятый знак» (изд-во «Детская литература», 1965 г.) и «В клетке № …» (изд-во «Детская литература», 1969 г.)

Впрочем, сегодня приходится отказаться от слов «строго постоянное», да и с 16 распадами в минуту сейчас дело обстоит иначе. В результате испытаний атомного вооружения за последние несколько десятилетий резко повысилось содержание углерода-14, так сказать, техногенного происхождения, то есть в результате деятельности человека. Поэтому различают биологический материал, сформировавшийся до эры атомного оружия и после. Относительное содержание радиоуглерода в этих образцах существенно различается.

5

Авога́дро Амедео́ (1775–1856) — итальянский физик и химик. В 1811 г. выдвинул молекулярную гипотезу строения вещества.

6

Уже потом, много лет спустя, стало ясно, в чем здесь дело. Оказывается, процессы радиоактивного распада, связанные с процессами, протекающими в атомных ядрах, характеризуются величинами энергий, во много раз превосходящими перечисленные энергетические воздействия, которые, в лучшем случае, могли подействовать на электронную оболочку атома, но никак не на его ядро.

7

Мафусаил — в библейской мифологии дед Ноя, проживший 969 лет. Переносно «Мафусаилов век» — долголетие.

8

О спектральном анализе и о том, как с его помощью изучают состав небесных тел, идет речь в превосходной книге М. Бронштейна «Солнечное вещество», выпущенное вторым изданием в 1959 г. издательством «Детская литература». Эту книгу может характеризовать уже хотя бы то, что предисловие к ней написал академик Л. Д. Ландау.

9

Подробнее о закономерностях и о законах распространенности химических элементов на Земле, на планетах солнечной системы и в космосе можно прочитать в книге автора «Как там у вас, на бета-Лире?», вышедшей в 1977 г. в издательстве «Детская литература».

10

Теория происхождения и развития элементов во Вселенной, рассказанная здесь, отнюдь не претендует на объяснение общих проблем происхождения материи во Вселенной и происхождение и развитие Большой Вселенной. Нет, речь идет пусть об очень больших, даже громадных, но локальных участках Вселенной, в очень большие, но локальные же отрезки времени.

Отметим также, что представления о завершении цикла развития элементов на звездах именно на калифорнии не являются общепризнанными. Имеется ряд доводов в пользу того, что наиболее тяжелыми элементами, образующимися при термоядерных процессах на звездах, являются элементы семейства железа: железо, кобальт, никель. Однако основной принцип описанной теории — развитие элементов от легких к тяжелым — остается незыблемым.

Понятно, что для этого нужно, чтобы раствор проводил электрический ток, а это возможно лишь в том случае, если растворенные в воде либо другом растворителе вещества были электролитами, имыми словами, распадались на ионы. Это условие значительно сужает круг веществ, которые могут быть синтезированы путем электролиза. Именно поэтому электролиз как способ осуществления химической реакции по распространенности никак не может конкурировать с обычным нагреванием.